



**Centro Universitário de Brasília - UniCEUB**  
**Faculdade de Tecnologia e Ciências Aplicadas**  
**Engenharia Civil**

**DAVID JOHNSON RIBEIRO FERREIRA**

# **COMPARATIVO ECONÔMICO DE SOLUÇÕES DE ATERRO SOBRE SOLO MOLE**

**Brasília – DF**  
**2017**

**DAVID JOHNSON RIBEIRO FERREIRA**

**COMPARATIVO ECONÔMICO DE SOLUÇÕES DE ATERRO  
SOBRE SOLO MOLE**

Monografia apresentada como requisito para conclusão do curso de bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia e Ciências Aplicadas do Centro Universitário de Brasília - UniCEUB.

Orientador: Eng. Civil Sandra Patricia Echeverria Fernandez MSc.

**Brasília – DF**

**2017**

**DAVID JOHNSON RIBEIRO FERREIRA**

**COMPARATIVO ECONÔMICO DE SOLUÇÕES DE ATERRO  
SOBRE SOLO MOLE**

Monografia apresentada como requisito para conclusão do curso de bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia e Ciências Aplicadas do Centro Universitário de Brasília - UniCEUB.

Orientador: Eng. Civil Sandra Patricia Echeverria Fernandez MSc

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Orientador: Eng<sup>a</sup> Sandra Patrícia Echeverria Fernández MSc.**

---

**Examinadora Interna: Eng<sup>a</sup> Maruska Tatiana Nascimento da Silva DSc.**

---

**Examinador Interno: Eng<sup>o</sup>. Civil: Jairo Furtado Nogueira, MSc.**

## RESUMO

Nos últimos anos a engenharia vem desenvolvendo várias tecnologias novas e aperfeiçoando técnicas antigas para obter melhores resultados na área da geotecnia. Com o aumento na demanda de construir em locais aonde antigamente era de uma complexidade muito maior, onde havia um certo receio de construir, a engenharia desenvolveu alguns métodos inovadores para conseguir construir em locais pouco adequados e manter a segurança de todos os envolvidos. O trabalho apresenta um comparativo técnico-econômico das diferentes soluções na construção de aterro sobre solo mole, determinando a melhor solução, a melhor técnica empregada. A intenção deste trabalho é comparar economicamente as soluções mais utilizadas no Brasil para aterro sobre solo mole, determinando qual é a mais viável economicamente dentre as escolhidas, relacionando com teorias e determinando os fatores que influenciam no resultado final do aterro. Onde verificou-se que a técnica estudada que apresentou a solução economicamente viável foi a solução com drenos verticais que teve uma execução em um prazo adequado de aproximadamente 104 dias e um custo relativamente proporcional ao observado nas literaturas de aproximadamente 168.000,00 reais.

**Palavras-chave:** Aterros em solos moles. Geotecnia. Comparativo econômico.

## **ABSTRACT**

In recent years, engineering has been developing several new technologies and perfecting old techniques for better results in the area of geotechnics. With the increasing demand for building in places where it was once much more complex, where there was some fear of building, engineering has developed some innovative methods for building in unsuitable locations and maintaining the safety of everyone involved. The work presents a technical-economical comparison of the different solutions in the construction of landfill on soft ground, determining the best solution, the best technique employed. The intention of this work is to compare economically the most used solutions in Brazil for landfill on soft soil, determining which is the most economically feasible among those chosen, relating to theories and determining the factors that influence the result of the landfill. It was verified that the studied technique that presented the economically feasible solution was the solution with vertical drains that had an execution in an appropriate period of approximately 104 days and a cost relatively proportional to the observed in the literatures of approximately 168,000.00 reais.

**Keywords:** Landfills in soft soils. Geotechnical. Economic comparison.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
3.1 Definição de solo mole .....	4
3.2 Aterros sobre solo mole .....	6
3.3 Comparativo das soluções .....	14
4 METODOLOGIA .....	15
4.1 Escolha do aterro padrão utilizado .....	15
4.2 Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) .....	16
4.3 Compor 90 .....	16
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS .....	17
5.1 Processo Executivo .....	17
5.2 Substituição total do solo mole .....	18
5.3 Bermas de Equilíbrio .....	24
5.4 Aterro Por Etapas .....	27
5.5 Drenos Verticais (Geodrenos) .....	30
5.6 Aterro sobre estacas com reforços de geogrelhas .....	36
5.7 Aterro com EPS .....	43
5.8 Composições e Custos das Soluções .....	49
6 CONCLUSÕES .....	57
7. BIBLIOGRAFIA .....	59
ANEXO I – COMPOSIÇÕES AUXILIARES .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Solo Mole em Rodovia.....	1
Figura 2 – Métodos construtivos de aterros sobre solos moles .....	2
Figura 3 - Palheta de ensaio de cisalhamento in situ (Vane test) .....	6
Figura 4 – Tipos de ruptura de aterros sobre solos moles; (a) Instabilidade da fundação; (b) instabilidade Interna; (c) Instabilidade global .....	7
Figura 5 – Aplicabilidade das soluções devido a classe e tipo de solo .....	8
Figura 6 – Sequência executiva substituição do solo .....	9
Figura 7 - Execução de bermas de equilíbrio .....	9
Figura 8- Ábaco Jakobson – Caso I.....	10
Figura 9- Ábaco Jakobson – Caso II e III.....	10
Figura 10 – Esquema de aterro sobre geodrenos .....	11
Figura 11 – Esquema de aterro estaqueado com geogrelhas .....	12
Figura 12 – Recalque causado pela geogrelhas.....	13
Figura 13 - Uso de EPS em aterro sobre solos moles .....	14
Figura 14 - Aterro padrão.....	16
Figura 15 – Retirada do Solo Mole .....	19
Figura 16 – Carregamento caminhão basculante .....	19
Figura 17 - Produção da equipe - Escavação solo mole .....	21
Figura 18 - Produção da equipe - Empréstimo da jazida .....	22
Figura 19 - Produção da equipe - Compactação .....	23
Figura 20 – Ilustração Berma de Equilíbrio.....	24
Figura 21 - Produção da equipe - Empréstimo da jazida .....	25
Figura 22 - Produção da equipe - Compactação .....	26

Figura 23– Construção por etapas .....	27
Figura 24 - Produção da equipe - Empréstimo da jazida .....	28
Figura 25 - Produção da equipe - Compactação .....	29
Figura 26 – Especificação Geodreno Vertical.....	30
Figura 27 – Cravação Geodrenos.....	31
Figura 28 – Produção da Equipe – Lastro de areia .....	32
Figura 29 – Produção da Equipe - Geodreno .....	33
Figura 30 - Produção da equipe - Empréstimo da jazida .....	34
Figura 31 - Produção da equipe - Compactação .....	35
Figura 32 – Cravação das estacas .....	37
Figura 33 – Instalação Geogrelhas.....	37
Figura 34 – Produção da Equipe - Estacas .....	38
Figura 35 – Produção da Equipe – Lastro de areia .....	39
Figura 36 – Produção da Equipe - Geogrelhas.....	40
Figura 37 - Produção da equipe - Empréstimo da jazida .....	41
Figura 38 - Produção da equipe - Compactação .....	42
Figura 39 – Especificações tipos de EPS .....	43
Figura 40 – Instalação Blocos EPS .....	44
Figura 41 – Produção da Equipe – Lastro de areia .....	46
Figura 42 - Produção da equipe - Empréstimo da jazida .....	47
Figura 43 - Produção da equipe - Compactação .....	48



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Consistência em função da resistência a compressão .....	5
Tabela 2– Classificação dos solos.....	5
Tabela 3 – Vantagem e Desvantagem das soluções.....	14
Tabela 4 – Composição Aterro com EPS Sobre Solo Mole .....	50
Tabela 5 – Composição Substituição Total Do Solo Mole .....	51
Tabela 6 – Composição Berma de Equilíbrio.....	52
Tabela 7 – Composição Aterro Por Etapas.....	53
Tabela 8 – Composição Aterro com Drenos Verticais .....	54
Tabela 9 – Composição Aterro sobre Estacas com Reforço de Geogrelhas .....	55
Tabela 10 – Custos Soluções .....	56
Tabela 11 – Tempo e custos soluções .....	56

## ÍNDICE DE ABREVIações

ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI.....	Bonificação de Despesas Indiretas
CENTRAN.....	Central de Transporte
DMT.....	Distância Média de Transporte
DNIT.....	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DNER.....	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
EPS.....	Poliestireno Expandido
NBR.....	Norma Brasileira
SICRO.....	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SPT.....	Standart Penetration Test

## ÍNDICE DE SÍMBOLOS

D.....	Diametro
H.....	Altura
HP.....	Horse power (cavalos de força)
Kg.....	Quilograma
Kg/m <sup>2</sup> .....	Quilograma por metro quadrado
kgf/cm <sup>2</sup> .....	Quilograma-força por centímetro quadrado
L.....	Litros
m.....	Metros
m <sup>2</sup> .....	Metros quadrados
m <sup>3</sup> .....	Metros cúbicos
KPa.....	Quilopascal
P.....	Peso
Pç.....	Peça
Un.....	Unidade

## 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço das tecnologias e a necessidade de expansão das áreas construídas, a construção sobre solos moles (com alta compressibilidade) se tornou possível e necessário, pois existe uma demanda para utilização desse solo tanto para aterros de rodovias ou fundações. A Figura 1 representa um caso de rodovia brasileira aonde existe solo mole.

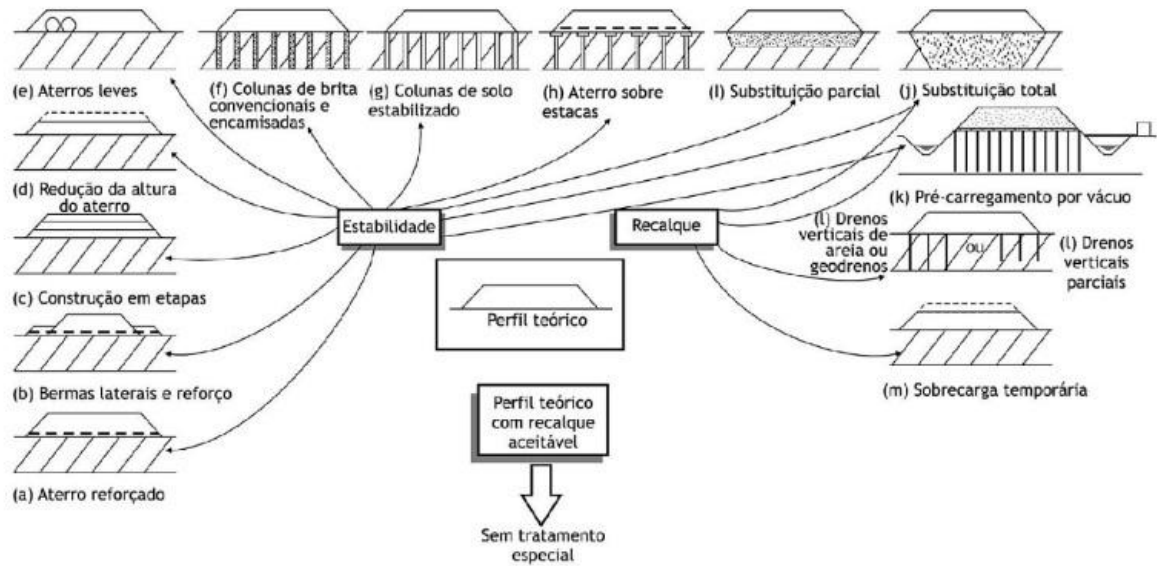
Figura 1 – Solo Mole em Rodovia



Fonte – <<http://www.agencia.ac.gov.br/a-estrada-impossivel/>>

Deve se tomar os devidos cuidados com esse tipo de solo, analisando e estudando qual solução vai ser adotada e como será executado, as restrições com o prazo e o preço possui grande influência sobre a técnica que deverá ser utilizada. A Figura 2 mostra os tipos de soluções mais usuais na engenharia.

Figura 2 – Métodos construtivos de aterros sobre solos moles



Fonte – Aterro sobre solos mole - projeto e desempenhos, (2014, Almeida, p.29)

Almeida, (2014) cita as técnicas de aterro reforçado, bermas laterais e reforço, construção em etapas, redução da altura do aterro e sobrecarga temporária como soluções convencionais, onde não existe preocupação com prazos curtos na obra, pois essas soluções são relativamente de maiores prazos, entretanto as soluções com colunas de brita, colunas de solos estabilizados, aterro sobre estacas, aterros leves, substituição total ou parcial do aterro, pré-carregamento por vácuo e drenos verticais de areia ou geodrenos são soluções de menor prazo mais com custos mais elevados.

Os solos considerados moles possuem características como baixa resistência, menor que  $25\text{KN/m}^2$  a resistência não drenada segundo Terzaghi (1943), o ensaio de SPT menor que cinco golpes para penetrar 30 centímetros de argilas ou siltes argilosos de acordo com o anexo A da NBR 6484, (ABNT, 2001), presença de matéria orgânica, complexidade na previsão do comportamento, baixa permeabilidade e elevada compressibilidade.

As obras em solos moles possuem um fator de segurança adequado para aquela ocorrência, e devem ser acompanhadas de instrumentos para que ocorra o acompanhamento durante a vida útil da construção, das deformações e deslocamentos para garantir a segurança do usuário.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Comparar o desempenho executivo das diferentes soluções de aterros sobre solo com alta compressibilidade, solo mole, verificando qual é a melhor solução utilizando um estudo de caso.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Apresentar as técnicas executivas de aterro sobre solo mole;
- Apresentar as soluções mais utilizadas no Brasil nos aterros sobre solo mole;
- Mostrar as vantagens e desvantagens de cada solução apresentada;
- Compor para cada solução o custo e comparar qual é mais viável economicamente.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Definição de solo mole**

O solo mole possui acentuadas características, são classificados como siltes ou argilas finas e saturadas, possuem matéria orgânica, sua elevada compressibilidade, quase impermeabilidade, baixa resistência não drenada ao cisalhamento e pequena eficiência para suporte de cargas, torna esse tipo de solo imprevisível.

Próximo a ambientes marinhos, fluviais, lagunas e baías é onde se encontra este tipo de solo, causando problemas para construções em locais próximos a esse ambiente.

Soluções sobre solos moles, são mais empregadas em construções de rodovias ou ferrovias, onde não pode alterar o traçado por motivos diversos portanto deve ser executada uma solução para que a construção seja feita com a devida segurança.

A caracterização do solo é feita primeiramente através de uma análise granulométrica, que consiste, em peneiramento e sedimentação, o peneiramento é feito para grãos de até 0,075mm e a técnica de sedimentação baseada na Lei de Stoke são para a porção mais fina do solo, analisando o tamanho das partículas que compõem esse solo, de acordo com a NBR 7181 (2016) grãos com diâmetro inferior a 0,005mm são considerados argila, esse tipo de solo é tão fino que quando em contato com água ele se transforma em uma pasta, não podendo visualizar as partículas individualmente, dando origem muitas vezes a um solo mole.

O índice de consistência é muito útil para classificação do solo, Terzaghi apresentou uma primeira correlação, cujo o resultado era que quanto maior o Limite de Liquidez, mais compressíveis seria o solo.

Segundo Pinto (2006) por meio de um ensaio de compressão simples a consistência das argilas pode ser quantificada e expressa de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Consistência em função da resistência a compressão

Consistência	Resistência, em kPa
muito mole	< 25
mole	25 a 50
média	50 a 100
rija	100 a 200
muito rija	200 a 400
dura	> 400

Fonte: Curso básico de mecânica dos solos, Pinto, 2006.

A resistência à penetração (SPT) é um dos métodos mais utilizados para classificação do solo, consiste em contar o número de golpes para que um amostrador penetre 45 cm, desprezando-se os dados referentes ao primeiro trecho de 15 cm, se o amostrado penetrar mais que 45cm em um golpe o resultado deve ser informado pela relação do golpe pela penetração.

A Tabela 2 mostra a classificação da consistência, para solos arenosos e argilosos respectivamente.

Tabela 2– Classificação dos solos

Solo	Índice de resistência a penetração	Designação
Areia e silte arenoso	$\leq 4$	Fofa (o)
	5 a 8	Pouco compacta (o)
	9 a 18	Medianamente compacta (o)
	19 a 40	Compacta (o)
	>40	Muito Compacta (o)
Argila e silte argiloso	$\leq 2$	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média (o)
	11 a 19	Rija (o)
	> 19	Dura (o)

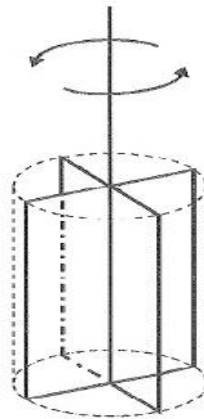
Fonte: NBR 7250 (ABNT, 1982)

Outro ensaio para caracterizar a amostra de um solo mole é o ensaio de cisalhamento de campo por meio de palhetas, conhecido também pelo nome Vane test.



Como mostra a Figura 3 o ensaio é constituído por um eixo com quatro lâminas retangulares em formato de cruz, onde as medidas são feitas através de um torquímetro quando a palheta rotacional em uma certa profundidade introduzida anteriormente no solo, ela forma um cilindro e a superfície desse cilindro faz uma resistência ao torque e então é medido a resistência não drenada do solo em questão.

Figura 3 - Palheta de ensaio de cisalhamento in situ (Vane test)



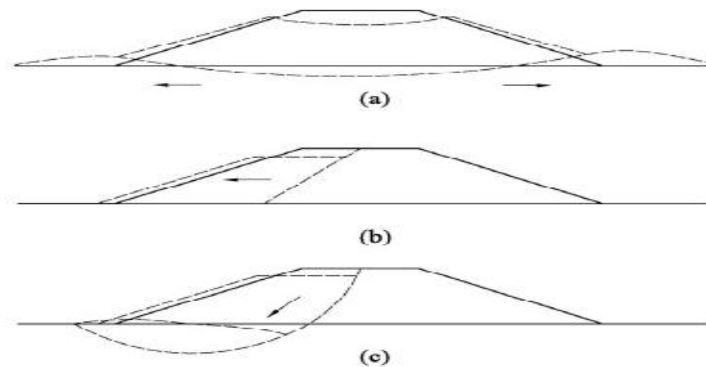
Fonte: Curso básico de mecânica dos solos, Pinto ,2006.

### 3.2 Aterros sobre solo mole

Para projetar na engenharia, tanto na área geotécnica, estrutural, ou qualquer área é levado em consideração o estado limite de serviço e o estado limite último nas análises de viabilidade e confiabilidade do projeto.

Ao realizar uma análise numérica, computacional, de um aterro deve-se ficar atento com o estado limite último, que está relacionado diretamente com a ruptura. Conforme a Figura 4 a ruptura em aterros sobre solos moles é de 3 tipos. (JEWELL, 1982): Instabilidade da fundação, instabilidade interna e instabilidade global.

Figura 4 – Tipos de ruptura de aterros sobre solos moles; (a) Instabilidade da fundação; (b) instabilidade Interna; (c) Instabilidade global



Fonte: A mecânica dos aterros reforçados em solos moles. Jewell, R., 1982

### 3.2.1 Soluções para construção de aterros sobre solos moles

As soluções adotadas para construir um aterro padrão devem atender a estabilidade, evitando o rompimento e a redução das deformações de acordo com as características da obra. (Oliveira e Almeida, 2004).

De acordo com DNER-PRO 381 (1998) os aterros são classificados em três classes:

Classe I: Encontro de pontes, viadutos e demais interseções, bem como aterros próximos a estruturas sensíveis.

Classe II: São Aterros considerados altos, maiores que 3 metros.

Classe III: São Aterros com altura inferior a 3 metros.

A Figura 5 mostra a aplicabilidade das soluções devido a classe do aterro e do tipo de solo.

Figura 5 – Aplicabilidade das soluções devido a classe e tipo de solo

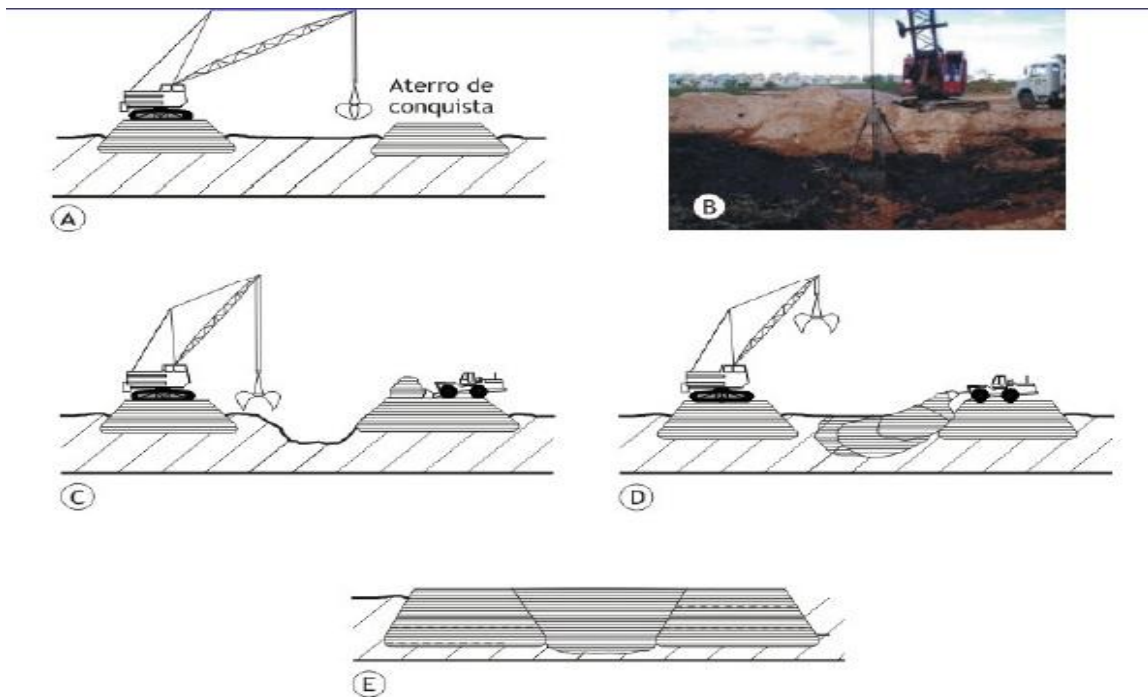
Alternativas	Classe de aterros			Tipo de solo		
	I	II	III	Silte	Argila	Turfa
Aterros leves						
Substituição total da camada mole						
Bermas de equilíbrio						
Construção por etapas						
Pré-carregamento ou sobrecarga temporária						
Geodrenos e sobrecarga temporária						
Geodrenos e sucção a vácuo						
Aterro estaqueado						
Aterro reforçado com geossintéticos						

Fonte – Norma Rodoviária Procedimentos 381, Dner, 1998.

### 3.2.1.1 - Substituição parcial ou total dos solos moles

Consiste na retirada da camada de solo mole por meio de escavação, sucção por bombas ou por explosivos e substituída por uma camada retirada de uma jazida, previamente analisada e ensaiada em laboratório com melhores características para o tipo de obra, esse processo somente é viável quando a camada de solos moles é inferior a 4 metros de profundidade (MASSAD, 1988) e segundo o DNER-PRO 381 (1998) a camada de solo mole não deve ter uma espessura superior a 3 metros. A Figura 6 apresenta a sequência executiva desta solução.

Figura 6 – Sequência executiva substituição do solo

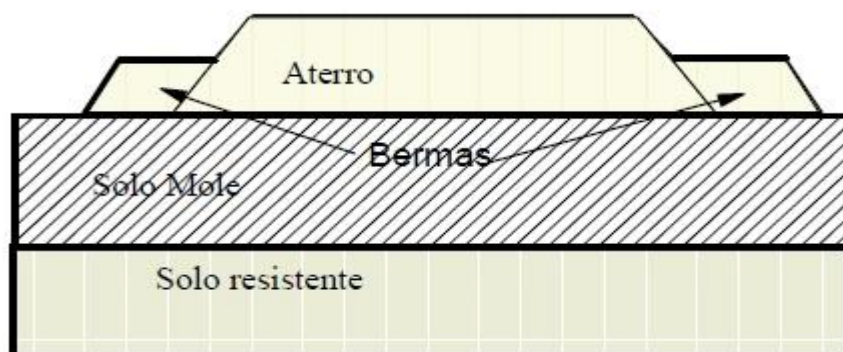


Fonte – Aterro sobre solos mole - projeto e desempenhos, Almeida, 2014.

### 3.2.1.2 - Bermas de equilíbrio

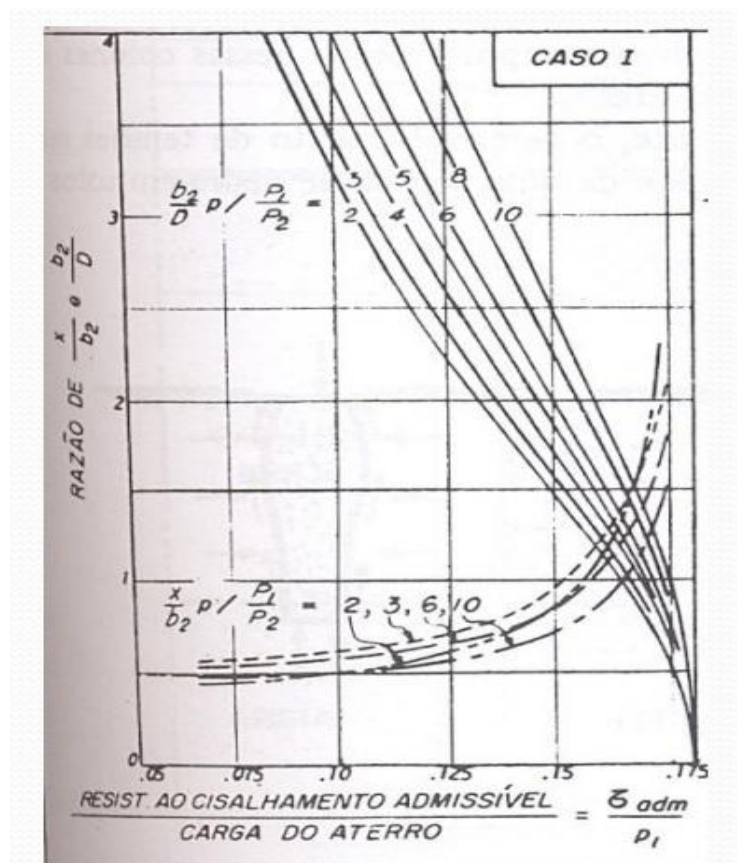
A técnica não interfere na resistência do solo mole, as bermas são executadas nas laterais do aterro e combatem os momentos do aterro principal, funcionam como contra pesos do aterro. O comprimento e a altura das bermas são dimensionados conforme as características do solo do aterro, do solo mole e da altura e comprimento do aterro. Se não houver espaço disponível ao lado do aterro essa solução se torna inviável. A Figura 7 demonstra a solução apresentada e a Figura 8 e Figura 9 demonstra os ábacos de Jakobson

Figura 7 - Execução de bermas de equilíbrio



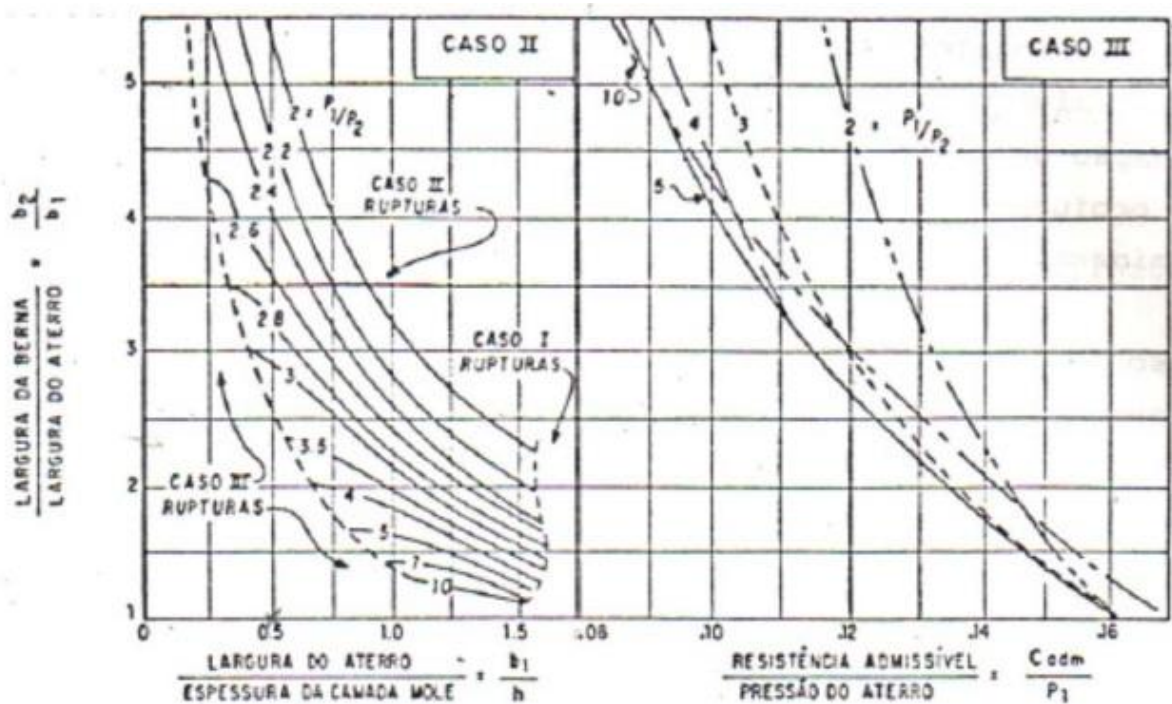
Fonte – Aterro sobre solos Moles, Massad, 1998.

Figura 8- Ábaco Jakobson – Caso I



Fonte: Geotechnique, Vol. 1, Nº 2, pp. 80-90, Jakobson, 1948.

Figura 9- Ábaco Jakobson – Caso II e III



Fonte: Geotechnique, Vol. 1, Nº 2, pp. 80-90, Jakobson, 1948.

### 3.2.1.3 - Aterros por etapas

Possui um grande tempo para execução pois é colocado somente uma camada de solo com a carga inferior a carga final a ser aplicada e espera por um tempo predeterminado o adensamento dessa camada para então colocar outra camada até chegar no limite que pretende ser usado. Com essa técnica existe uma melhora na resistência ao cisalhamento do solo.

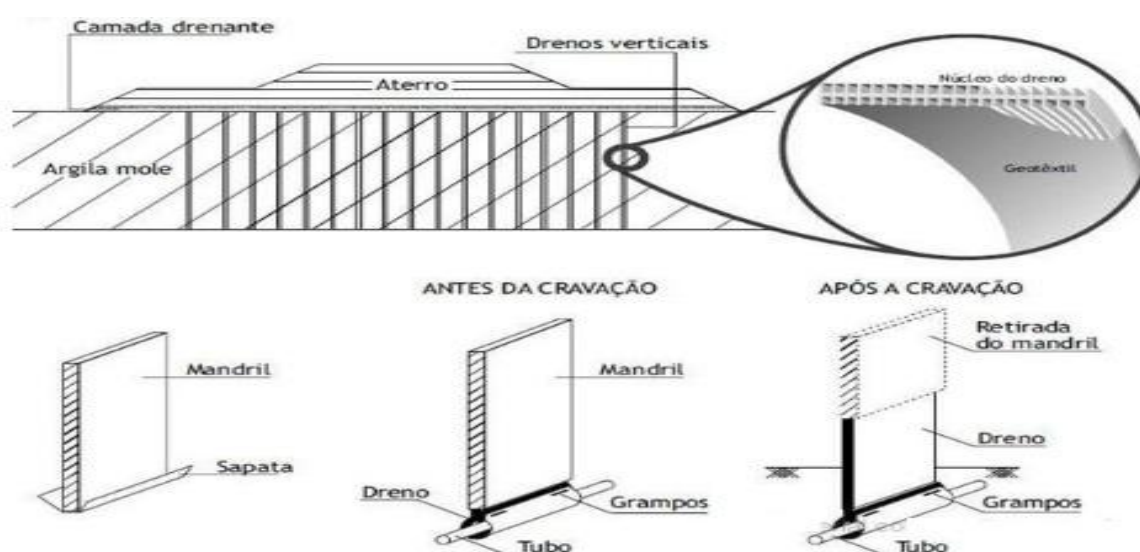
A análise da estabilidade de cada etapa é muito importante, como pode ter recalques que dure anos é importante saber que mesmo após o aterro construído pode haver recalques e então tem que levar em consideração no projeto que esses recalques sejam aceitos.

### 3.2.1.4 – Drenos Verticais (Geodrenos)

Primeiramente é instalado um geodreno e então é cravado os drenos e logo em seguida começa a execução do aterro (Figura 10), os geodrenos são colocados por equipamentos com alta produtividade entre um e dois quilômetros por dia tornando o processo mais rápido que os demais.

A utilização dessa técnica no Brasil é frequente e pode ser encontrado em algumas literaturas do Almeida(2001)

Figura 10 – Esquema de aterro sobre geodrenos

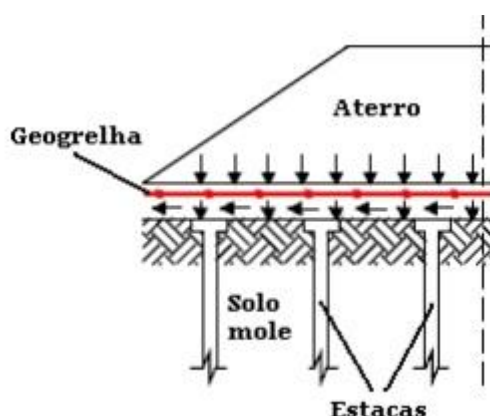


Fonte – Aterro sobre solos mole - projeto e desempenhos, Almeida, 2014.

### 3.2.1.5 – Aterro sobre Estacas com reforço de geogrelhas

A técnica consiste em cravar estacas no solo mole até uma profundidade definida no projeto, posteriormente se constrói um bloco de coroamento, chamado de capitel e colocada a geogrelha cuja função é distribuir melhor as cargas do aterro para as estacas, aumentando a resistência do aterro. A Figura 11 apresenta o esquema dessa solução.

Figura 11 – Esquema de aterro estaqueado com geogrelhas

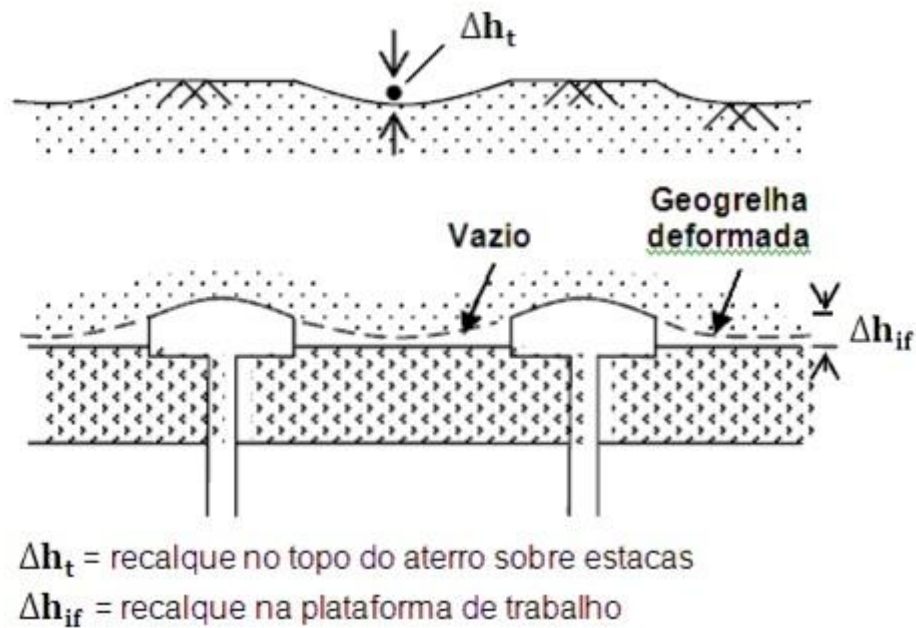


Fonte – Recuperação de terras baixas em áreas urbanas, Almeida, 2008.

Comparado com aterros convencionais a técnica demonstra uma significativa redução dos recalques, os recalques que essa técnica apresenta são recorrentes da geogrelha conforme Figura 12.



Figura 12 – Recalque causado pela geogrelhas



Fonte – Recuperação de terras baixas em áreas urbanas, Almeida, 2008.

A vantagem desta técnica é a diminuição do tempo de construção do aterro, pois não precisa ficar esperando os recalques após a carga com o aterro.

### 3.2.1.6 - Aterro com EPS

É considerado um aterro leve que consiste em retirada da tensão vertical que seria colocada com um aterro totalmente em solo aterrando com um material com peso específico menor para diminuir o recalque causado pelo peso próprio, permitindo um prazo menor para execução com essa solução. A Figura 13 demonstra um aterro com EPS em execução.



Figura 13 - Uso de EPS em aterro sobre solos moles



Fonte: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/tecnologia-materiais/metodo-utiliza-blocos-de-isopor-no-aterro-de-viaduto-em-293984-1.aspx>> Acesso em 20/05/2016 – 22:17.

### 3.3 Comparativo das soluções

A seguir será apresentado na Tabela 3 as vantagens e desvantagens das principais soluções de aterro sobre solo mole segundo Almeida (2014).

Tabela 3 – Vantagem e Desvantagem das soluções

<b>Solução</b>	<b>Vantagem</b>	<b>Desvantagem</b>
<b>Substituição Total</b>	Controle dos recalques	Camadas pequenas de solo mole
<b>Substituição Parcial</b>	Diminui o tempo do recalque	Camadas pequenas de solo mole
<b>Bermas de Equilíbrio</b>	Diminui os recalques	Quantidade de material e quantidade de área lateral
<b>Aterros por etapas</b>	Diminui o recalque	Execução em longo prazo
<b>Drenos Verticais</b>	Execução em curto prazo / Melhor custo-benefício	Camadas granulares próxima diminui o efeito
<b>Estaqueamento + Geogrelha</b>	Execução em curto prazo	Custos elevados / Custo de equipamento elevados
<b>Colunas de Brita</b>	Execução em curto prazo	Custos elevados
<b>Aterro Leve (EPS)</b>	Execução em curto prazo	Custos elevados do EPS

Fonte – Aterro sobre solos mole - projeto e desempenhos, 2014, Almeida, Marcio.

## 4 METODOLOGIA

Na elaboração do comparativo foi escolhido um caso padrão, para que todas as soluções tenham as mesmas características para serem analisadas, não havendo assim discrepância por motivos de diferenças na área e no volume do aterro e nem nas características do solo nele encontrado.

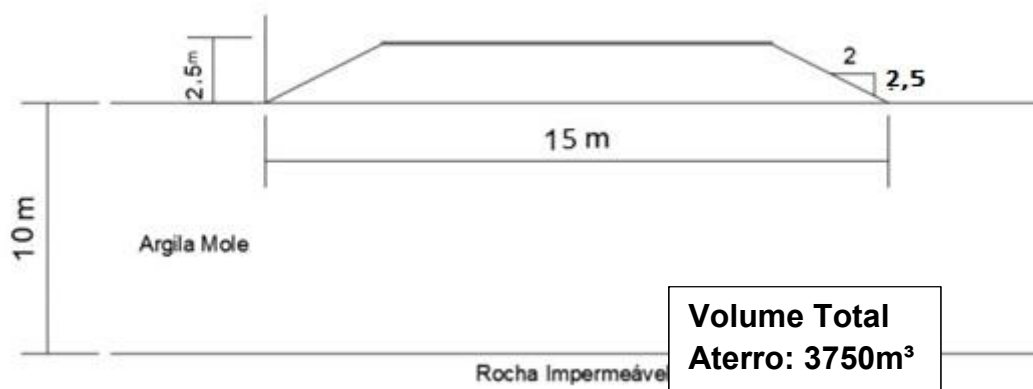
As soluções adotadas no trabalho foram escolhidas após uma pesquisa em diversas bibliografias, que demonstraram quais eram as soluções mais utilizadas no Brasil, após decidir quais as soluções adotadas e o tamanho do aterro a ser utilizado em todas as soluções, então foi necessário pesquisar as composições dos serviços utilizados em cada solução, a referência para montar as composições foi o SICRO (Sistema de Custos Referenciais de Obras), onde foi retirado as produções de equipe para ser feito a planejamento da obra em dias e os custos para então ser feito o comparativo econômico das soluções apresentadas nesse trabalho.

### 4.1 Escolha do aterro padrão utilizado

Para o estudo do aterro sobre solo mole foi escolhido um aterro padrão com as seguintes características:

- Largura: 15 metros (2 faixas de 3,6m, 2 acostamentos de 1,9m e 2 taludes de 2m) – de acordo com o Manual de estudo de tráfego (DNIT IPR – 723, 2006).
- Comprimento: 100 metros foi o comprimento adotado, para saber o custo a cada 100 metros.
- Altura: 2,5 metros
- Volume Aterro: 3750m<sup>3</sup>.
- Peso específico:  $\gamma=18\text{KN/m}^3$ .
- Resistencia não drenada:  $S_u=15\text{Kpa}$ .

Figura 14 - Aterro padrão



Fonte: Elaborada pelo autor

Posteriormente se quantificaram os insumos de cada uma das soluções e foram montadas as composições de custo unitário.

Para montagem das composições foi utilizado o software COMPOR 90 da 90 engenharia e foi utilizado a base de dados do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes): NOVO SICRO e SICRO II, com data base de novembro de 2016 para a região do Distrito Federal.

Após a criação de todos os custos foi realizado o comparativo econômico das diferentes soluções estudadas.

Para os fins de comparação entre os métodos não foi considerado a porcentagem do BDI (Bonificação de despesas indiretas).

#### 4.2 Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO)

O Sicro é uma ferramenta criado pelo DNIT para estabelecer parâmetros para a elaboração de orçamentos de projetos rodoviários e licitações de obras.

Funciona com dados coletados pelo DNIT e disponibilizados através de seu Website com datas bases e locais específico, havendo atualizações assim que necessário.

#### 4.3 Compor 90

O Compor 90 é um software para o gerenciamento de obras que pode ser usado para o planejamento e para o orçamento da obra.

Ele funciona com dados que o usuário fornece, que no caso foi dados do SICRO e então o usuário pode montar as composições e fazer o planejamento da obra, sendo ela rodoviária ou não.

## **5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS**

Os materiais, equipamentos e a execução dos aterros foram feitos de acordo com a Norma DNIT 108 ES (2009) e o Manual de Custos de Infraestrutura DNIT Volume 10, Conteúdo 01 (2017).

A metodologia construtiva baseia na Norma do DNIT obedecendo rigorosamente o Diagrama de Bruckner, e devendo ser executado de acordo com os itens 5.3.1 até o 5.3.18 da especificação de serviço do DNIT 108 ES (2009).

### **5.1 Processo Executivo**

Os serviços de escavação e carga de material de jazida, Transporte do material de jazida, Compactação com rolo pé-de-carneiro são serviços comuns em todas as soluções, sendo executadas em três etapas:

#### **5.1.1 Escavação e Carga de Material de Jazida**

Para o serviço de escavação de materiais da Jazida foi utilizada a composição do NOVO SICRO código: 5502827, Nome: Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria na distância de 3.000 m - caminho de serviço pavimentado - com carregadeira e caminhão basculante de 14 m³ DNIT(2017) que utiliza um trator de esteira com lâmina e capacidade de 8,7m³ realizando um ciclo em 1,275 minutos além de uma carregadeira de pneus com capacidade de 3,3m³ e 0,5 minutos para realizar um ciclo e para o carregamento do material foi utilizado caminhão basculante de 14m³.

#### **5.1.2 Transporte do Material de Jazida**

O transporte foi realizado por caminhões basculantes com capacidade de 14m³ e DMT (Distância média de transporte) igual a 3km, que é uma distância considerada dentro do perímetro para execução da obra segundo especificação de serviço do DNIT, com velocidade de 45km/h quando carregado (Velocidade aferida pelo CENTRAN (Central de Transportes)) e 60km/h quando vazio, o que representa um tempo aproximado para o transporte do material de 4 minutos por viagem.

### **5.1.3 Compactação com Rolo Pé-de-Carneiro**

De acordo com a especificação de serviço nº108 do DNIT(2009), a compactação do aterro exige que o corpo do aterro deve ser compactado com camadas de espessura máxima de 0,30m atingindo um grau de compactação igual a 100%, já as camadas finais devem ser compactadas com espessura máxima de 0,20m. Foi adotado um Proctor Normal que de acordo com Manual de custos de infraestrutura de transportes, volume 10, DNIT(2017) utilizando 8 passadas por camada.

## **5.2 Substituição total do solo mole**

No aterro padrão que são 10 metros de profundidade de solo mole, o volume para retirada será de 15 mil metros cúbicos (15.000 m<sup>3</sup>) de solo mole.

### **5.2.1 – Execução do Serviço**

Além dos serviços apresentados anteriormente, nesse tipo de solução é feita a retirada, a carga, o transporte e a descarga do solo mole, posteriormente esse material é substituído por material de uma jazida de um solo devidamente ensaiado e com as características aceitas para o novo aterro. Foi considerado que o bota-fora e a jazida ficam a DMT igual à 3km, pois é uma distância considerada pela especificação de serviço do DNIT, como estando dentro de um perímetro aceitável.

#### **a) Retirada do Solo mole no local do aterro**

A Figura 15 apresenta o processo de retirada do solo mole com os equipamentos necessários, podendo ser utilizados retroescavadeira ou processo de dragagem.

Figura 15 – Retirada do Solo Mole



Fonte: <<http://www.metalica.com.br/construcao-da-rodovia-iqitos-nauta-em-peru>>  
Acesso em 05/07/2017 – 18:47.

O equipamento utilizado para a retirada do solo mole e do solo da jazida é uma escavadeira hidráulica que de acordo com o SICRO 2, DNIT(2017), tem o tempo total de ciclo igual a 0,42 minutos e a produção horária da escavadeira do serviço é igual 45,53m<sup>3</sup>/h com base no tamanho do aterro foi considerado 1 escavadeira.

#### **b) Carregamento do caminhão basculante e transporte até o bota-fora**

A Figura 16 ilustra o carregamento de um caminhão basculante com o material da jazida.

Figura 16 – Carregamento caminhão basculante



Fonte: <<http://www.terraplenagem.net/caminhoes-basculantes-excesso-de-peso-966/>> Acesso  
em 05/07/2017 – 19:12.

Para o transporte do material foi considerado caminhões basculantes de 14m<sup>3</sup>, que de acordo com o volume e o tempo do ciclo da escavadeira vai demorar 13,5 minutos para ser carregado e vão percorrer 3km em rodovia pavimentada, e o tempo de descarga e manobra no bota-fora de acordo com a SICRO 2 é 0,5 minutos.

### **5.2.2 – Produção da equipe**

Para os processos de remoção, carga e transporte do solo mole, escavação, carga e transporte da jazida e compactação é necessário consultar o SICRO para calcular a produção de equipe, conforme as Figura 17,18 e 19. Para as demais produções foram retirada as informações do SICRO.

### - Remoção, Carga e Transporte do solo mole:

Figura 17 - Produção da equipe - Escavação solo mole

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes							
5502997		Escavação,carga e transporte de solos moles na distância de 3.000 m - caminho de serviço pavimentado - com caminhão basculante de 14 m³				Unidade	
						m³	
VARIÁVEIS INTERVENIENTES		Unidade	EQUIPAMENTOS				
			E9576	E9575			
			Escavadeira hidráulica de longo alcance sobre esteiras - 103kW	Caminhão basculante com caçamba estanque e capacidade de 14 m³- 265 kW			
a	Afastamento						
b	Capacidade	m³	0,60	14,00			
c	Consumo						
d	Distância	m		3.000,00			
e	Espaçamento	m					
f	Espessura	m					
g	Fator de Carga		0,80	0,80			
h	Fator de Conversão		0,80	0,80			
i	Fator de Eficiência		0,83	0,83			
j	Largura de Operação	m					
l	Largura de Superposição	m					
m	Largura Útil	m					
n	Número de passadas	un					
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo	min		12,78			
q	Tempo de ida	min		4,00			
r	Tempo de retomo	min		3,00			
s	Tempo total de ciclo	min	0,42	19,78			
t	Velocidade de ida	m/min		750,00			
u	Velocidade de retomo	m/min		1.000,00			
OBSERVAÇÕES			FÓRMULAS				
			$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$			
Produção Horária			45,53	22,56			
Número de Unidades			1,00	3,00			
Utilização Operativa			1,00	0,67			
Utilização Improdutiva			0,00	0,33			
Produção da Equipe			45.53	45.53			

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 12 – Produções de equipes mecânicas, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 45,53m³/h

Tempo dessa Etapa = 15000 m³ / 45,53m³/h = 329,45h / 8h = **41,18 dias úteis**



**- Escavação, Carga e Transporte do material da jazida:**

Figura 18 - Produção da equipe - Empréstimo da jazida

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes							
5502827		Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria na distância de 3.000 m - caminho de serviço pavimentado - com carregadeira e caminhão basculante de 14 m³					Unidade
							m³
VARIÁVEIS INTERVENIENTES	Unidade	EQUIPAMENTOS					
		E9667	E9511	E9541			
		Caminhão basculante com capacidade de 14 m³- 295 kW	Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³- 213 kW	E9541 Trator de esteiras com lâmina - 259 kW			
a	Afastamento						
b	Capacidade	m³	3,30	8,70	14,00		
c	Consumo						
d	Distância	m		30,00	3.000,00		
e	Espaçamento	m					
f	Espessura	m					
g	Fator de Carga		0,90	0,90	1,00		
h	Fator de Conversão		0,80	0,80	0,80		
i	Fator de Eficiência		0,83	0,83	0,83		
j	Largura de Operação	m					
l	Largura de Superposição	m					
m	Largura Ull	m					
n	Número de passadas	un					
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo	min		0,15	5,11		
q	Tempo de ida	min		0,75	4,00		
r	Tempo de retomo	min		0,38	3,00		
s	Tempo total de ciclo	min	0,50	1,28	12,11		
t	Velocidade de ida	m/min		40,00	750,00		
u	Velocidade de retomo	m/min		80,00	1.000,00		
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS					
		$P = 60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P = 60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P = 60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$			
Produção Horária		236,65	244,66	46,06			
Número de Unidades		1,00	1,00	6,00			
Utilização Operativa		1,00	0,97	0,86			
Utilização Improdutiva		0,00	0,03	0,14			
Produção da Equipe		236,65	236,65	236,65			

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 12 – Produções de equipes mecânicas, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 236,65m³/h

Tempo dessa Etapa = (15000m³+3750m³) / 236,65m³/h = 79,23h/ 8h

**= 9,90 dias úteis**

## - Compactação do Aterro:

Figura 19 - Produção da equipe - Compactação

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes							
5502978		Compactação de aterros a 100% do Proctor normal					Unidade
							m³
VARIÁVEIS INTERVENIENTES		EQUIPAMENTOS					
		Unidade	E9518	E9524	E9685	E9571	E9577
			Grade de 24 discos rebocável de 24"	Motoniveladora - 93 kW	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 L- 188 kW	Trator agrícola - 77 kW
a	Afastamento						
b	Capacidade	m³				10.000,00	
c	Consumo					53,00	
d	Distância	m	150,00	150,00	150,00	5.000,00	150,00
e	Espaçamento	m					
f	Espessura	m	0,20	0,20	0,20		0,20
g	Fator de Carga						
h	Fator de Conversão						
i	Fator de Eficiência		0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
j	Largura de Operação	m		3,66	2,13		
l	Largura de Superposição	m		0,20	0,20		
m	Largura Útil	m	2,45	3,46	1,93		2,45
n	Número de passadas	un	6,00	6,00	8,00		6,00
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo	min				40,00	
q	Tempo de ida	min	1,88	1,50	2,14	9,09	1,88
r	Tempo de retorno	min				6,06	
s	Tempo total de ciclo	min				55,15	
t	Velocidade de ida	m/min	80,00	100,00	70,00	550,00	80,00
u	Velocidade de retorno	m/min				825,00	
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS					
			$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$
Produção Horária			325,36	574,36	168,20	170,38	325,36
Número de Unidades			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Utilização Operativa			0,52	0,29	1,00	0,99	0,52
Utilização Improdutiva			0,48	0,71	0,00	0,01	0,48
Produção da Equipe			168,20	168,20	168,20	168,20	168,20

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 12 – Produções de equipes mecânicas, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 168,20m³/h

Tempo dessa Etapa = 18750m³ / 168,20m³/h = 111,47h / 8h = **13,93 dias úteis**

### 5.3 Bermas de Equilíbrio

Para o cálculo das bermas de equilíbrio foram utilizados os dados de um aterro de 2,5m de altura, largura da base igual a 15m, peso específico  $\gamma=18\text{KN/m}^3$ , sobre uma camada de argila de 10m,  $S_u=15\text{Kpa}$  e os ábacos das Figuras 8 e 9.

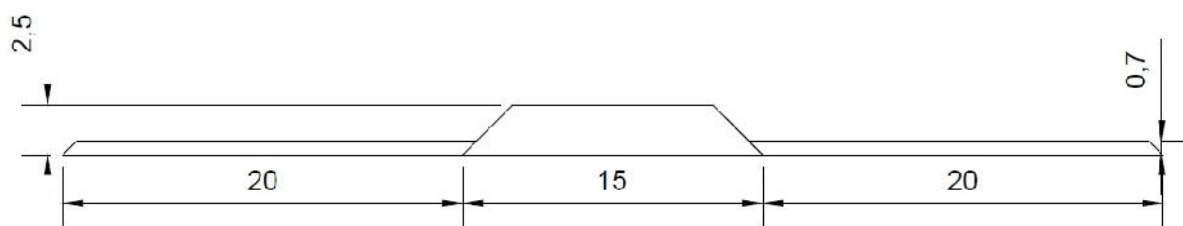
\*Resistencia admissível =  $C_{adm} = S_u/F_s$

\*Calcular  $P_1$  e  $P_2$  –  $P_1 = H \cdot \gamma_{\text{aterro}}$  –  $P_2 = P_1 - (5,5 \cdot C_{adm})$

- $P_1 = 2,5\text{m} \times 18\text{KN/m}^3 = 45\text{KN/m}^2 = 45\text{Kpa}$
- $P_2 = 45\text{Kpa} - (5,5 \times \frac{15}{2,5}) = 12\text{Kpa}$
- $P_1/P_2 = 4$
- Analisando o ábaco do método de Jakobson, o Caso I:
- $b_2/d = 2$
- $b_2 = 20\text{m}$
- $h_2 = 12/18 = 70\text{cm}$

Utilizando os dados do aterro padrão com volume igual a  $3750\text{ m}^3$  chegou a um resultado de berma igual a 20 metros de comprimento por 70 cm de altura e volume igual à  $2800\text{ m}^3$ . Volume total igual à  $6550\text{ m}^3$ .

Figura 20 – Ilustração Berma de Equilíbrio



Fonte: Elaborada pelo autor

#### 5.3.1 – Execução do Serviço

Nessa solução é feito primeiramente o aterro e as bermas em conjunto, quando chega na altura máxima das bermas então continua fazendo somente o aterro até a altura de projeto, então é feita a carga, o transporte e a descarga do material da jazida até o local do aterro. Os serviços dessa etapa são os citados no início desse capítulo.

### 5.3.2 – Produção da equipe

#### - Escavação, Carga e Transporte do material da jazida:

Figura 21 - Produção da equipe - Empréstimo da jazida

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes							
5502827		Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria na distância de 3.000 m - caminho de serviço pavimentado - com carregadeira e caminhão basculante de 14 m³					Unidade
							m³
VARIÁVEIS INTERVENIENTES		EQUIPAMENTOS					
		Unidade	E9667	E9511	E9541		
			Caminhão basculante com capacidade de 14 m³- 295 kW	Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³- 213 kW	E9541 Trator de esteiras com lâmina - 259 kW		
a	Afastamento						
b	Capacidade	m³	3,30	8,70	14,00		
c	Consumo						
d	Distância	m		30,00	3.000,00		
e	Espaçamento	m					
f	Espessura	m					
g	Fator de Carga		0,90	0,90	1,00		
h	Fator de Conversão		0,80	0,80	0,80		
i	Fator de Eficiência		0,83	0,83	0,83		
j	Largura de Operação	m					
l	Largura de Superposição	m					
m	Largura Ull	m					
n	Número de passadas	un					
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo	min		0,15	5,11		
q	Tempo de ida	min		0,75	4,00		
r	Tempo de retorno	min		0,38	3,00		
s	Tempo total de ciclo	min	0,50	1,28	12,11		
t	Velocidade de ida	m/min		40,00	750,00		
u	Velocidade de retorno	m/min		80,00	1.000,00		
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS					
		$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$			
Produção Horária		236,65	244,66	46,06			
Número de Unidades		1,00	1,00	6,00			
Utilização Operativa		1,00	0,97	0,86			
Utilização Improdutiva		0,00	0,03	0,14			
Produção da Equipe		236,65	236,65	236,65			

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 12, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 236,65m³/h

Tempo dessa Etapa = (6550m³) / 236,65m³/h = 27,68h/ 8h = **3,46 dias úteis**

## - Compactação do Aterro:

Figura 22 - Produção da equipe - Compactação

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes							
5502978		Compactação de aterros a 100% do Proctor normal					Unidade
							m³
VARIÁVEIS INTERVENIENTES		EQUIPAMENTOS					
		Unidade	E9518	E9524	E9685	E9571	E9577
			Grade de 24 discos rebocável de 24"	Motoniveladora - 93 kW	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 L- 188 kW	Trator agrícola - 77 kW
a	Afastamento						
b	Capacidade	m³				10.000,00	
c	Consumo					53,00	
d	Distância	m	150,00	150,00	150,00	5.000,00	150,00
e	Espaçamento	m					
f	Espessura	m	0,20	0,20	0,20		0,20
g	Fator de Carga						
h	Fator de Conversão						
i	Fator de Eficiência		0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
j	Largura de Operação	m		3,66	2,13		
l	Largura de Superposição	m		0,20	0,20		
m	Largura Ull	m	2,45	3,46	1,93		2,45
n	Número de passadas	un	6,00	6,00	8,00		6,00
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo	min				40,00	
q	Tempo de ida	min	1,88	1,50	2,14	9,09	1,88
r	Tempo de retorno	min				6,06	
s	Tempo total de ciclo	min				55,15	
t	Velocidade de ida	m/min	80,00	100,00	70,00	550,00	80,00
u	Velocidade de retorno	m/min				825,00	
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS					
		$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	
	Produção Horária	325,36	574,36	168,20	170,38	325,36	
	Número de Unidades	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Utilização Operativa	0,52	0,29	1,00	0,99	0,52	
	Utilização Improdutiva	0,48	0,71	0,00	0,01	0,48	
	Produção da Equipe	168,20	168,20	168,20	168,20	168,20	

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 12 – Produções de equipes mecânicas, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 168,20m³/h

Tempo dessa Etapa = 6550m³ / 168,20m³/h = 38,94h / 8h = **4,87 dias úteis**

## 5.4 Aterro Por Etapas

A figura 23 apresenta o perfil do aterro para uma construção por etapas.

Figura 23– Construção por etapas



Fonte – Norma Rodoviária Procedimentos 381, Dner, 1998.

Utilizando os dados do aterro padrão com volume igual a  $3750\text{m}^3$ , deve-se executar em 3 etapas as camadas do aterro. Segundo Dominoni (2011), as duas primeiras etapas deve ter duração de 4 meses e a última etapa deve ter duração de 10 meses, totalizando 18 meses de execução.

### 5.4.1 – Execução do Serviço

Segundo informações colocadas por Marangon (2004), nessa solução é feito primeiramente o aterro com 2 metro de altura e então espera 4 meses para que aconteça o adensamento da camada que deve ser de 70% da camada então coloca mais 2 metros na segunda etapa e espera mais 4 meses restando ainda mais 4,3 metros para a última etapa que fica 10 meses. Os serviços dessa etapa são os citados no início desse capítulo.

### 5.4.2 – Produção da equipe

#### - Escavação, Carga e Transporte do material da jazida:

Figura 24 - Produção da equipe - Empréstimo da jazida

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes							
5502827		Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria na distância de 3.000 m - caminho de serviço pavimentado - com carregadeira e caminhão basculante de 14 m³					Unidade
							m³
VARIÁVEIS INTERVENIENTES		EQUIPAMENTOS					
		Unidade	E9667 Caminhão basculante com capacidade de 14 m³- 295 kW	E9511 Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³- 213 kW	E9541 E9541 Trator de esteiras com lâmina - 259 kW		
a	Afastamento						
b	Capacidade	m³	3,30	8,70	14,00		
c	Consumo						
d	Distância	m		30,00	3.000,00		
e	Espaçamento	m					
f	Espessura	m					
g	Fator de Carga		0,90	0,90	1,00		
h	Fator de Conversão		0,80	0,80	0,80		
i	Fator de Eficiência		0,83	0,83	0,83		
j	Largura de Operação	m					
l	Largura de Superposição	m					
m	Largura Ull	m					
n	Número de passadas	un					
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo	min		0,15	5,11		
q	Tempo de ida	min		0,75	4,00		
r	Tempo de retomo	min		0,38	3,00		
s	Tempo total de ciclo	min	0,50	1,28	12,11		
t	Velocidade de ida	m/min		40,00	750,00		
u	Velocidade de retomo	m/min		80,00	1.000,00		
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS					
			$P=60.b.g.h.i/s$	$P=60.b.g.h.i/s$	$P=60.b.g.h.i/s$		
Produção Horária			236,65	244,66	46,06		
Número de Unidades			1,00	1,00	6,00		
Utilização Operativa			1,00	0,97	0,86		
Utilização Improdutiva			0,00	0,03	0,14		
Produção da Equipe			236,65	236,65	236,65		

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 12 – Produções de equipes mecânicas, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 236,65m³/h

Tempo dessa Etapa = (3750m³) / 236,65m³/h = 15,85h/ 8h = **1,98 dias úteis**

## - Compactação do Aterro:

Figura 25 - Produção da equipe - Compactação

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes							
5502978		Compactação de aterros a 100% do Proctor normal					Unidade
							m³
VARIÁVEIS INTERVENIENTES		EQUIPAMENTOS					
		Unidade	E9518	E9524	E9685	E9571	E9577
			Grade de 24 discos rebocável de 24"	Motoniveladora - 93 kW	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 L - 188 kW	Trator agrícola - 77 kW
a	Afastamento						
b	Capacidade	m³				10.000,00	
c	Consumo					53,00	
d	Distância	m	150,00	150,00	150,00	5.000,00	150,00
e	Espaçamento	m					
f	Espessura	m	0,20	0,20	0,20		0,20
g	Fator de Carga						
h	Fator de Conversão						
i	Fator de Eficiência		0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
j	Largura de Operação	m		3,66	2,13		
l	Largura de Superposição	m		0,20	0,20		
m	Largura Útil	m	2,45	3,46	1,93		2,45
n	Número de passadas	un	6,00	6,00	8,00		6,00
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo	min				40,00	
q	Tempo de ida	min	1,88	1,50	2,14	9,09	1,88
r	Tempo de retorno	min				6,06	
s	Tempo total de ciclo	min				55,15	
t	Velocidade de ida	m/min	80,00	100,00	70,00	550,00	80,00
u	Velocidade de retorno	m/min				825,00	
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS					
			$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$
Produção Horária			325,36	574,36	168,20	170,38	325,36
Número de Unidades			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Utilização Operativa			0,52	0,29	1,00	0,99	0,52
Utilização Improdutiva			0,48	0,71	0,00	0,01	0,48
Produção da Equipe			168,20	168,20	168,20	168,20	168,20

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 12 – Produções de equipes mecânicas, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 168,20m³/h

Tempo dessa Etapa = 3750m³ / 168,20m³/h = 22,29h / 8h = **2,79 dias úteis**

Tempo total = **18 meses**



## 5.5 Drenos Verticais (Geodrenos)

Os elementos drenantes, os geodrenos, utilizados são de materiais sintéticos com 10,50 metros de comprimentos, 30cm de diâmetro e 5mm de espessura, são instalados com espaçamento entre um e outro de 1,5 metros com adensamento de 50cm do aterro segundo Marangon(2009), totalizando 660 furos com 6600 metros de geodrenos.

Figura 26 – Especificação Geodreno Vertical

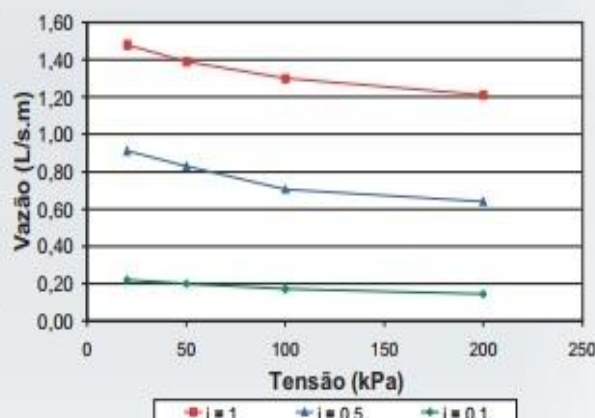
GEODRENO VERTICAL			
PROPRIEDADES	UNID	MÉTODOS DE ENSAIO	VALORES
Transmissividade (1)	m <sup>2</sup> /s	ASTM D 4716	2,20 x 10 <sup>-3</sup>
Vazão do Dreno: Reto	L/s	-	0,18
Dobrado			0,15
Gramatura Nominal	g/m	ABNT NBR 12568	110
Espessura Nominal	mm	ABNT NBR 12569	5,0
Resistência à Tração Grab	N	ASTM D 4632	1328
GEOTÊXTIL NÃO TECIDO TERMOFIXADO			
Permeabilidade Normal	m/s	ASTM D 4491	15 x 10 <sup>-4</sup>
Abertura de Filtração (AOS)	mm	ASTM D 4751	<75 µm

(1) Gradiente Hidráulico de 0,1 e Tensão Aplicada de 20 kPa

Obs.: Os valores poderão ser alterados sem aviso prévio

### Capacidade de Vazão em Projeto (q<sub>p,i</sub>):

CAPACIDADE DE VAZÃO (L/s-m) GEODRENO VERTICAL				
Gradiente Hidráulico	Tensão (kPa)			
	20	50	100	200
1	0,48	0,39	1,30	0,21
0,5	0,91	0,83	0,71	0,64
0,1	0,22	0,20	0,17	0,15



Fonte – <http://geofoco.com.br/wp-content/uploads/2012/08/geodreno.pdf> , acesso em 01/09/2017, 10:32 .

### 5.5.1 – Execução do Serviço

Para a solução com geodrenos é feita primeiramente os furos aonde é inserido o geodrenos e fica sobrando 50cm, os furos são feitos com um equipamento de cravação sobre esteira para geodrenos, logo após é feito um colchão drenante na superfície e o aterro então é feito para sobrecarregar o solo mole e então fica por 3 meses com essa sobrecarga, Marangon(2009).

#### - Colchão Drenante e Cravação do Geodreno

Para o serviço, primeiro é feito um colchão drenante com areia para o escoamento da água retirada pelos geodrenos, esse colchão deve ter altura de 50 centímetros com volume igual a 750 m<sup>3</sup> e anteriormente é cravado os geodrenos com equipamento de cravação com esteira com espaçamento entre os geodrenos de 1,5 metros de acordo com DNER-PRO 381 (1998).

Figura 27 – Cravação Geodrenos



Fonte: <[http://www.engegraut.com.br/servicos/drenos\\_verticais/](http://www.engegraut.com.br/servicos/drenos_verticais/)> Acesso em 07/07/2017 – 15:22.

### 5.5.2 – Produção da equipe

#### - Lastro de areia comercial

Figura 28 – Produção da Equipe – Lastro de areia

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS • SICRO						
Custo Unitário de Referência 2003844 Lastro de areia comercial - espalhamento mecânico					Produção da equipe	305,00 m³ Valores em reais (RS)
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo	
E9524 Motoniveladora - 93 kW	1,00	1,00	-	-	-	-
				Custo horário total de equipamentos		-
B- MAO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário
P9824 Servente	1,000	h				0
				Custo horário total de mão de obra		0
				Custo horário total de execução		
				Custo unitário de execução		
				Custo do FIC		
				Custo do FIT		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
M0081 Areia grossa	1,00000	m³				0,0000
				Custo unitário total de material		
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		-
-	-	-		Custo total de atividades auxiliares		-
					Subtotal	-
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M0081 Areia grossa - Caminhão basculante 10 m³	5914647	1,50000	t			
				Custo unitário total de tempo fixo		
F- MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			LN	RP	P	
M0081 Areia grossa - Caminhão basculante 10 m³	1,50000	tkm	5914449	5914464	5914479	
				Custo unitário total de transporte		
				Custo direto total		0.0000

Produção da equipe = 305,00m³/h

Tempo dessa Etapa = 750m³ / 305,00m³/h = 2,46h/8h = **0,31 dias úteis**

**- Instalação Geodrenos vertical para tratamento de solo mole:**

Figura 29 – Produção da Equipe - Geodreno

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS • SICRO						
Custo Unitário de Referência 2004508 Geodreno vertical para tratamento ele solos moles					Produção da equipe	99,60m Valores em reais (R\$)
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo	
E9120 Equipamento de cravação sobre esteira para geodreno com haste	1,00	1,00	0,00			
				Custo horário total de equipamentos		
B- MAO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo
P9824 Servente	4,000	h				
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
M0109 Geodreno vertical - L= 10 cm e E = 5 mm	1,00000	m				
				Custo unitário totalde material		
E - TEMPO FIXO	Código	Quantida de	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M0109 Geodreno vertical - L = 10 cm e E = 5 mm - caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00011	t			
				Custo unitário total de tempo fixo		
F- MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			LN	RP	P	
M0109 Geodreno vertical - L = 10 cm e E = 5 mm - caminhão carroceria 15 t	0,00011	tkm	5914449	5914464	5914479	

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 99,60m/h

Tempo dessa Etapa = 6600m/ 99,60m/h = 66,27h/8h = **8,28 dias úteis**

**- Escavação, Carga e Transporte do material da jazida:**

Figura 30 - Produção da equipe - Empréstimo da jazida

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes							
5502827		Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria na distância de 3.000 m - caminho de serviço pavimentado - com carregadeira e caminhão basculante de 14 m³					Unidade
							m³
VARIÁVEIS INTERVENIENTES	Unidade	EQUIPAMENTOS					
		E9667	E9511	E9541			
		Caminhão basculante com capacidade de 14 m³- 295 kW	Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³- 213 kW	E9541 Trator de esteiras com lâmina - 259 kW			
a	Afastamento						
b	Capacidade	m³	3,30	8,70	14,00		
c	Consumo						
d	Distância	m		30,00	3.000,00		
e	Espaçamento	m					
f	Espessura	m					
g	Fator de Carga		0,90	0,90	1,00		
h	Fator de Conversão		0,80	0,80	0,80		
i	Fator de Eficiência		0,83	0,83	0,83		
j	Largura de Operação	m					
l	Largura de Superposição	m					
m	Largura Útil	m					
n	Número de passadas	un					
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo	min		0,15	5,11		
q	Tempo de ida	min		0,75	4,00		
r	Tempo de retomo	min		0,38	3,00		
s	Tempo total de ciclo	min	0,50	1,28	12,11		
t	Velocidade de ida	m/min		40,00	750,00		
u	Velocidade de retomo	m/min		80,00	1.000,00		
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS					
		$P = 60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P = 60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P = 60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$			
Produção Horária		236,65	244,66	46,06			
Número de Unidades		1,00	1,00	6,00			
Utilização Operativa		1,00	0,97	0,86			
Utilização Improdutiva		0,00	0,03	0,14			
Produção da Equipe		236,65	236,65	236,65			

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 12 – Produções de equipes mecânicas, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 236,65m³/h

Tempo dessa Etapa = (3750m³) / 236,65m³/h = 15,85h/ 8h = **1,98 dias úteis**

## - Compactação do Aterro:

Figura 31 - Produção da equipe - Compactação

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes							
5502978		Compactação de aterros a 100% do Proctor normal					Unidade
							m³
VARIÁVEIS INTERVENIENTES		EQUIPAMENTOS					
		Unidade	E9518	E9524	E9685	E9571	E9577
			Grade de 24 discos rebocável de 24"	Motoniveladora - 93 kW	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 L- 188 kW	Trator agrícola - 77 kW
a	Afastamento						
b	Capacidade	m³				10.000,00	
c	Consumo					53,00	
d	Distância	m	150,00	150,00	150,00	5.000,00	150,00
e	Espaçamento	m					
f	Espessura	m	0,20	0,20	0,20		0,20
g	Fator de Carga						
h	Fator de Conversão						
i	Fator de Eficiência		0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
j	Largura de Operação	m		3,66	2,13		
l	Largura de Superposição	m		0,20	0,20		
m	Largura Ull	m	2,45	3,46	1,93		2,45
n	Número de passadas	un	6,00	6,00	8,00		6,00
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo	min				40,00	
q	Tempo de ida	min	1,88	1,50	2,14	9,09	1,88
r	Tempo de retorno	min				6,06	
s	Tempo total de ciclo	min				55,15	
t	Velocidade de ida	m/min	80,00	100,00	70,00	550,00	80,00
u	Velocidade de retorno	m/min				825,00	
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS					
		$P=60.b.g.h.i/s$	$P=60.b.g.h.i/s$	$P=60.b.g.h.i/s$	$P=60.b.g.h.i/s$	$P=60.b.g.h.i/s$	
	Produção Horária	325,36	574,36	168,20	170,38	325,36	
	Número de Unidades	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Utilização Operativa	0,52	0,29	1,00	0,99	0,52	
	Utilização Improdutiva	0,48	0,71	0,00	0,01	0,48	
	Produção da Equipe	168,20	168,20	168,20	168,20	168,20	

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 12 – Produções de equipes mecânicas, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 168,20m³/h

Tempo dessa Etapa = 3750m³ / 168,20m³/h = 22,29h / 8h = **2,79 dias úteis**

## **5.6 Aterro sobre estacas com reforços de geogrelhas**

Os materiais, equipamentos e a execução do aterro foram feitos de acordo com a Norma DNIT 108 ES (2009), DNER-PRO 381 (1998) e o Manual de Custos de Infraestrutura DNIT Volume 10, Conteúdo 01 (2017).

As estacas utilizadas são perfis metálicos de duplo trilho TR 45, cravadas com equipamento especial, com espaçamento de 1,5 metro uma da outra, totalizando 660 estacas, com profundidade de 13 metros aonde já se encontra um solo resistente e em seguida é colocada uma camada granular de areia e a geogrelha finalizando assim o aterro.

### **5.6.1 – Execução do Serviço**

A solução com estacas e geogrelhas é feita primeiramente com um bate-estaca que vai cravando as estacas nos locais indicados em projeto e em seguida é colocado uma camada de 50cm de material granular, nesse caso um colchão de areia, e logo após é instalado as geogrelhas que vem em tubos e é desenrolado na obra e posteriormente executado o aterro.

#### **a) Cravação estacas e geogrelhas**

Para o serviço, primeiro é feita a cravação das estacas com um bate-estaca até a cota de 13m e então será feito uma camada de areia de 750m<sup>3</sup>, as estacas são espaçadas de 1,5 em 1,5 metros e logo após são colocados as geogrelhas para aumentar a resistência a ruptura do aterro de acordo com DNER-PRO 381 (1998).

As Figuras 32 e 33 apresentam a cravação das estacas com equipamento e a instalação manual da geogrelha, respectivamente.



Figura 32 – Cravação das estacas



Fonte: <<http://foa.com.br/bate-estacas/>> Acesso em 07/07/2017 – 16:45.

Figura 33 – Instalação Geogrelhas



Fonte: <<http://www.geosynthetica.net.br/atero-sobre-estacas-huesker/>> Acesso em 07/07/2017 – 16:51.



## 5.6.2 – Produção da equipe

### - Cravação das estacas:

Figura 34 – Produção da Equipe - Estacas

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS • SICRO						
Custo Unitário de Referência 2306116 Estacas duplo trilho TR 45 - com emenda - fornecimento e cravação					Produção da equipe 21,37m Valores em reais	
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo	
E9502 Bate-estaca de gravidade para 3,5 a 4t - 119 Kw	1,00	1,00	0,00			
				Custo horário total de equipamentos		
B- MAO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo
P9824 Servente	2,000	h				
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
M1603 Trilho TR 45 Usado	89,20000	kg				
				Custo unitário total de material		
D - ATIVIDADES AUX ILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
2306017 Emenda de estacas por Soldagem	0,88630	m				
				Custo total de atividades auxiliares		
				Subtotal		
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M1603 Trilho TR 45 Usado	5909116	0,08920	t			
				Custo unitário total de tempo fixo		
F- MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			LN	RP	P	
M1603 Trilho TR 45 Usado	0,08920	tkm	5915012	5915013	5915014	
				Custo unitário direto total		
				Custo direto total		

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 21,37m/h

Tempo dessa Etapa = 8580m/ 21,37m/h = 401,497h/8h = **50,19 dias úteis**

**- Lastro de areia comercial:**

Figura 35 – Produção da Equipe – Lastro de areia

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS • SICRO						
Custo Unitário de Referência 2003844 Lastro de areia comercial - espalhamento mecânico					Produção da equipe	305,00 m³ Valores em reais (RS)
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo	
E9524 Motoniveladora - 93 kW	1,00	1,00	-	-	-	-
				Custo horário total de equipamentos		-
B- MAO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário
P9824 Servente	1,000	h				0
				Custo horário total de mão de obra		0
				Custo horário total de execução		
				Custo unitário de execução		
				Custo do FIC		
				Custo do FIT		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
M0081 Areia grossa	1,00000	m³				0,0000
				Custo unitário total de material		
D - ATIVIDADES AUX ILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		-
-	-	-		Custo total de atividades auxiliares		-
					Subtotal	-
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M0081 Areia grossa - Caminhão basculante 10 m³	5914647	1,50000	t			
				Custo unitário total de tempo fixo		
F- MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			I N	R P	P	
M0081 Areia grossa - Caminhão basculante 10 m³	1,50000	tkm	5914449	5914464	5914479	
				Custo unitário total de transporte		
				Custo direto total		0.0000

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 305,00m³/h

Tempo dessa Etapa = 750m³/ 305m³/h = 2,46h/ 8h = **0,31 dias úteis**

## - Geogrelhas:

Figura 36 – Produção da Equipe - Geogrelhas

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS • SICRO							
Custo Unitário de Referência 1516302 Geogrelha unidirecionalcom resistência a tração de 400 kN/m •fornecimento e instalação					Produção da equipe		520,00 m2 Valores em reais (R\$)
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo		
-	-	-	-	-	-	-	
				Custo horário total de equipamentos		-	
B- MAO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário	
P9824 Servente	2,000	h					
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário	
M1453 Geogrelha unidirecionalcom resistência a tração de 400 kN/m	1,09227	m²					
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
M1453 Geogrelha unidirecionalcom resistência a tração de 400 kN/m - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00122	t				
				Custo unitário total de			
F- MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário	
			LN	RP	P		
M1453 Geogrelha unidirecionalcom resistência a tração de 400 kN/m - Caminhão carroceria 15 t	0,00122	tkm	5914449	5914464	5914479		

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 520,00m<sup>2</sup>/h

Tempo dessa Etapa = 15000m<sup>2</sup>/ 520,00m<sup>2</sup>/h = 2,88h/ 8h = **0,36 dias úteis**

**- Escavação, Carga e Transporte do material da jazida:**

Figura 37 - Produção da equipe - Empréstimo da jazida

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes							
5502827		Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria na distância de 3.000 m - caminho de serviço pavimentado - com carregadeira e caminhão basculante de 14 m³					Unidade
							m³
VARIÁVEIS INTERVENIENTES	Unidade	EQUIPAMENTOS					
		E9667	E9511	E9541			
		Caminhão basculante com capacidade de 14 m³- 295 kW	Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³- 213 kW	E9541 Trator de esteiras com lâmina - 259 kW			
a	Afastamento						
b	Capacidade	m³	3,30	8,70	14,00		
c	Consumo						
d	Distância	m		30,00	3.000,00		
e	Espaçamento	m					
f	Espessura	m					
g	Fator de Carga		0,90	0,90	1,00		
h	Fator de Conversão		0,80	0,80	0,80		
i	Fator de Eficiência		0,83	0,83	0,83		
j	Largura de Operação	m					
l	Largura de Superposição	m					
m	Largura Ull	m					
n	Número de passadas	un					
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo	min		0,15	5,11		
q	Tempo de ida	min		0,75	4,00		
r	Tempo de retomo	min		0,38	3,00		
s	Tempo total de ciclo	min	0,50	1,28	12,11		
t	Velocidade de ida	m/min		40,00	750,00		
u	Velocidade de retomo	m/min		80,00	1.000,00		
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS					
		$P = 60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P = 60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P = 60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$			
Produção Horária		236,65	244,66	46,06			
Número de Unidades		1,00	1,00	6,00			
Utilização Operativa		1,00	0,97	0,86			
Utilização Improdutiva		0,00	0,03	0,14			
Produção da Equipe		236,65	236,65	236,65			

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 12 – Produções de equipes mecânicas, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 236,65m³/h

Tempo dessa Etapa = (3750m³) / 236,65m³/h = 15,85h/ 8h = **1,98 dias úteis**

### - Compactação do Aterro:

Figura 38 - Produção da equipe - Compactação

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes							
5502978		Compactação de aterros a 100% do Proctor normal					Unidade
							m³
VARIÁVEIS INTERVENIENTES		EQUIPAMENTOS					
		Unidade	E9518	E9524	E9685	E9571	E9577
			Grade de 24 discos rebocável de 24"	Motoniveladora - 93 kW	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 L- 188 kW	Trator agrícola - 77 kW
a	Afastamento						
b	Capacidade	m³				10.000,00	
c	Consumo					53,00	
d	Distância	m	150,00	150,00	150,00	5.000,00	150,00
e	Espaçamento	m					
f	Espessura	m	0,20	0,20	0,20		0,20
g	Fator de Carga						
h	Fator de Conversão						
i	Fator de Eficiência		0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
j	Largura de Operação	m		3,66	2,13		
l	Largura de Superposição	m		0,20	0,20		
m	Largura Ull	m	2,45	3,46	1,93		2,45
n	Número de passadas	un	6,00	6,00	8,00		6,00
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo	min				40,00	
q	Tempo de ida	min	1,88	1,50	2,14	9,09	1,88
r	Tempo de retorno	min				6,06	
s	Tempo total de ciclo	min				55,15	
t	Velocidade de ida	m/min	80,00	100,00	70,00	550,00	80,00
u	Velocidade de retorno	m/min				825,00	
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS					
		$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	
	Produção Horária	325,36	574,36	168,20	170,38	325,36	
	Número de Unidades	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Utilização Operativa	0,52	0,29	1,00	0,99	0,52	
	Utilização Improdutiva	0,48	0,71	0,00	0,01	0,48	
	Produção da Equipe	168,20	168,20	168,20	168,20	168,20	

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 12 – Produções de equipes mecânicas, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 168,20m³/h

Tempo dessa Etapa = 3750m³ / 168,20m³/h = 22,29h / 8h = **2,79 dias úteis**

## 5.7 Aterro com EPS

Os blocos de EPS utilizados são do tipo 6 de 3mx1,2mx0,5m e com densidade igual a 25kg/m<sup>3</sup>, pois suporta uma tensão de até 14,7 Tf/m<sup>2</sup>, suportando assim máquinas pesadas trabalharem sobre o EPS após instalados, e também serão utilizados conectores metálicos que serão feitos no local para manter os blocos no lugar e uma manta de polietileno de alta densidade (PEAD) para impermeabilizar e proteger os blocos de EPS contra agentes corrosivos e contra infiltrações não desejadas. A Figura 39 apresenta as especificações do EPS.

Figura 39 – Especificações tipos de EPS

PROPRIEDADES	NORMA Método Ensaio	Unid.	TIPOS DE EPS						
			TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7
Densidade aparente nominal	NBR 11949	Kg/m <sup>3</sup>	10,0	12,0	14,0	18,0	22,5	27,5	32,5
Densidade aparente mínima	NBR 11949	Kg/m <sup>3</sup>	9,0	11,0	13,0	16,0	20,0	25,0	30,0
Condutividade térmica máxima (23°C)	NBR 12094	W/m.K	-	-	0,042	0,039	0,037	0,035	0,035
Tensão por compressão com deformação de 10%	NBR 8082	Tf/m <sup>2</sup>	≥ 3,3	≥ 4,2	≥ 6,6	≥ 8,1	≥ 11,2	≥ 14,7	≥ 16,8
Resistência mínima à flexão	ASTM C-2003	Tf/m <sup>2</sup>	≥ 5,0	≥ 6,1	≥ 12,2	≥ 16,3	≥ 22,4	≥ 28,0	≥ 34,6
Resistência mínima ao cisalhamento	EN-12090	Tf/m <sup>2</sup>	≥ 2,5	≥ 3,0	≥ 6,1	≥ 8,1	≥ 11,2	≥ 13,7	≥ 17,3
Flamabilidade (se material classe F)	NBR 11948	Material Retardante à chama							

Fonte – <[http://isoplast.ind.br/16/download/catalogo\\_construcao\\_civil.pdf](http://isoplast.ind.br/16/download/catalogo_construcao_civil.pdf)> - Acesso em 05/09/2017 – 09:38.

### 5.7.1 – Execução do Serviço

A solução com EPS é feito primeiramente colocando uma areia em uma camada aproximada de 10cm, totalizando 150m<sup>3</sup> e logo em seguida já é colocado os blocos de EPS, de acordo com Lima (1983) o solo mole tem uma tensão admissível até 4500 kg/m<sup>2</sup> nesse caso serão quatro camadas de EPS totalizando 100kg/m<sup>3</sup> mais 50 cm de solo não ultrapassara o limite do solo logo serão usados 1667 blocos, e enquanto são colocados os blocos são colocados conectores metálicos onde cada um é feito com aço 5/16" CA50 e

são gastos 80cm de aço por conector, totalizando assim 417 conectores e 132kg de aço para que não haja espaçamentos demais entre os blocos durante sua instalação e por fim é colocado o PEAD para proteger os blocos de ações externas e então é feita duas camadas de 20cm de solo compactado.

### **- Instalação EPS**

Para a instalação do EPS o serviço é iniciado com uma camada de areia de 10cm para então o assentamento dos blocos de EPS, primeiro é feito uma camada de EPS e logo em seguida as outras três camadas, enquanto os blocos são instalados são colocados uns conectores metálicos nas juntas dos blocos para que não aconteça nenhum espaçamento não previsto logo em seguida a colocação das quatro camadas é colocado 1500m<sup>2</sup> PEAD para impermeabilizar os blocos de EPS. A figura 40 demonstra o processo manual para instalação do EPS.

Figura 40 – Instalação Blocos EPS



Fonte: <<http://foa.com.br/bate-estacas/>> Acesso em 07/07/2017 – 16:45.

### 5.7.2 – Produção da equipe

#### - Bloco EPS e PEAD:

Para a produção de equipe da instalação do bloco de EPS, não foi encontrado dados no SICRO, então foi elaborado com base em alguns outros estudos uma produção que levou em consideração que os blocos ficariam armazenados a uma distância de 50 metros do aterro e então foi considerado que uma equipe de 6 serventes fariam o trabalho com uma eficiência desejada, levando em conta que uma equipe de 3 serventes levaria 3 minutos para colocar uma peça de EPS com  $1,8\text{m}^3$  e densidade igual a  $25\text{kg/m}^3$  no local, logo em uma hora esses trabalhadores colocariam  $36\text{m}^3/\text{h}$  e como são 6 serventes o valor da produção considerado será de  $18\text{m}^3/\text{h}$ .

A geomembrana de PEAD como tem características parecidas com a geogrelha, então foi considerado o mesmo valor da produção da geogrelha para a geomembrana de PEAD sendo  $520\text{m}^2/\text{h}$ .

Produção da equipe – EPS =  $18,00\text{ m}^3/\text{h}$

Tempo dessa Etapa - Bloco EPS =  $166,67\text{h} = \mathbf{20,83\text{ dias úteis}}$

Produção da equipe – PEAD =  $520,00\text{ m}^2/\text{h}$

Tempo dessa Etapa - PEAD =  $3,46\text{h} = \mathbf{0,43\text{ dias úteis}}$

Material:  $1800\text{ m}^2$  de PEAD e 1667 bloco EPS



**- Lastro de areia comercial:**

Figura 41 – Produção da Equipe – Lastro de areia

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS • SICRO						
Custo Unitário de Referência 2003844 Lastro de areia comercial - espalhamento mecânico					Produção da equipe	305,00 m³ Valores em reais (R\$)
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo	
E9524 Motoniveladora - 93 kW	1,00	1,00	-	-	-	-
				Custo horário total de equipamentos		-
B- MAO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário
P9824 Servente	1,000	h				0
				Custo horário total de mão de obra		0
				Custo horário total de execução		
				Custo unitário de execução		
				Custo do FIC		
				Custo do FIT		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preco Unitário		Custo Unitário
M0081 Areia grossa	1,00000	m³				0,0000
				Custo unitário total de material		
D - ATIVIDADES AUX ILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		-
-	-	-		Custo total de atividades auxiliares		-
					Subtotal	-
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M0081 Areia grossa - Caminhão basculante 10 m³	5914647	1,50000	t			
				Custo unitário total de tempo fixo		
F- MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			I N	R P	P	
M0081 Areia grossa - Caminhão basculante 10 m³	1,50000	tkm	5914449	5914464	5914479	
				Custo unitário total de transporte		
				Custo direto total		0.0000

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 305,00 m³/h

Tempo dessa Etapa – 0,491h = **0,06 dias úteis**

**- Escavação, Carga e Transporte do material da jazida:**

Figura 42 - Produção da equipe - Empréstimo da jazida

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes							
5502827		Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria na distância de 3.000 m - caminho de serviço pavimentado - com carregadeira e caminhão basculante de 14 m³					Unidade
							m³
VARIÁVEIS INTERVENIENTES	Unidade	EQUIPAMENTOS					
		E9667	E9511	E9541			
		Caminhão basculante com capacidade de 14 m³- 295 kW	Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³- 213 kW	E9541 Trator de esteiras com lâmina - 259 kW			
a	Afastamento						
b	Capacidade	m³	3,30	8,70	14,00		
c	Consumo						
d	Distância	m		30,00	3.000,00		
e	Espaçamento	m					
f	Espessura	m					
g	Fator de Carga		0,90	0,90	1,00		
h	Fator de Conversão		0,80	0,80	0,80		
i	Fator de Eficiência		0,83	0,83	0,83		
j	Largura de Operação	m					
l	Largura de Superposição	m					
m	Largura Ull	m					
n	Número de passadas	un					
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo	min		0,15	5,11		
q	Tempo de ida	min		0,75	4,00		
r	Tempo de retomo	min		0,38	3,00		
s	Tempo total de ciclo	min	0,50	1,28	12,11		
t	Velocidade de ida	m/min		40,00	750,00		
u	Velocidade de retomo	m/min		80,00	1.000,00		
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS					
		$P = 60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P = 60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P = 60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$			
Produção Horária		236,65	244,66	46,06			
Número de Unidades		1,00	1,00	6,00			
Utilização Operativa		1,00	0,97	0,86			
Utilização Improdutiva		0,00	0,03	0,14			
Produção da Equipe		236,65	236,65	236,65			

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 12 – Produções de equipes mecânicas, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 236,65m³/h

Tempo dessa Etapa = 600m³ / 236,65m³/h = 2,54h/ 8h = **0,31 dias úteis**

## - Compactação do Aterro:

Figura 43 - Produção da equipe - Compactação

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes							
5502978		Compactação de aterros a 100% do Proctor normal					Unidade
							m³
VARIÁVEIS INTERVENIENTES		EQUIPAMENTOS					
		Unidade	E9518	E9524	E9685	E9571	E9577
			Grade de 24 discos rebocável de 24"	Motoniveladora - 93 kW	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 L - 188 kW	Trator agrícola - 77 kW
a	Afastamento						
b	Capacidade	m³				10.000,00	
c	Consumo					53,00	
d	Distância	m	150,00	150,00	150,00	5.000,00	150,00
e	Espaçamento	m					
f	Espessura	m	0,20	0,20	0,20		0,20
g	Fator de Carga						
h	Fator de Conversão						
i	Fator de Eficiência		0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
j	Largura de Operação	m		3,66	2,13		
l	Largura de Superposição	m		0,20	0,20		
m	Largura Útil	m	2,45	3,46	1,93		2,45
n	Número de passadas	un	6,00	6,00	8,00		6,00
o	Profundidade	m					
p	Tempo fixo	min				40,00	
q	Tempo de ida	min	1,88	1,50	2,14	9,09	1,88
r	Tempo de retorno	min				6,06	
s	Tempo total de ciclo	min				55,15	
t	Velocidade de ida	m/min	80,00	100,00	70,00	550,00	80,00
u	Velocidade de retorno	m/min				825,00	
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS					
			$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$	$P=60 \cdot b \cdot g \cdot h \cdot i / s$
Produção Horária			325,36	574,36	168,20	170,38	325,36
Número de Unidades			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Utilização Operativa			0,52	0,29	1,00	0,99	0,52
Utilização Improdutiva			0,48	0,71	0,00	0,01	0,48
Produção da Equipe			168,20	168,20	168,20	168,20	168,20

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 12 – Produções de equipes mecânicas, 2017, DNIT.

Produção da equipe = 168,20m³/h

Tempo dessa Etapa = 600m³ / 168,20m³/h = 3,57h / 8h = **0,44 dias úteis**

## **5.8 Composições e Custos das Soluções**

Os custos apresentados nesse trabalho foram retirados do SICRO para região do Distrito Federal, os valores são referentes ao mês base de novembro/2016.

Os custos de escavação, carga e transporte da jazida para o local e o da compactação, aparecem em todas as soluções, sendo calculados apenas os valores nos seus respectivos serviços.

As composições utilizadas em todos os serviços são apresentadas nas Tabelas de 4 a 9, e no ANEXO I estão as composições auxiliares utilizadas nas composições das soluções com seus devidos valores e quantidades.

Tabela 4 – Composição Aterro com EPS Sobre Solo Mole

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS							
David Johnson Ribeiro Ferreira						UNICEUB	
						OUT / 2017	
Código:		Serviço: FORNECIMENTO, TRANSPORTE E COLOCAÇÃO DE ATERRO COM BLOCOS DE EPS				Unidade: M3	
Composição: C10001						Quantidade: 3.750,000	
Especificação:							
Equipamentos (A)		Utilização		Custo Operacional		Custo	
Discriminação	Unid.	Qtde	Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário
(A) TOTAL						0,0000	
Mão de Obra (B)						Custo	
Discriminação		Unidade	Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Horário	
TOTAL						0,0000	
(C) Produção da Equipe 1,0000 M3 / H				Custo Horário Total (A + B)		0,0000	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =						0,0000	
Materiais (E)						Custo	
Discriminação		Unidade	Custo	Consumo	Unitário		
- ATERRO COM EPS		M3	189,41	0,800000	151,5280		
- PEAD		M2	24,66	0,480000	11,8368		
2003767 - LASTRO DE AREIA COMERCIAL - ESPALHAMENTO MANUAL		M³	69,26	0,040000	2,7704		
5502978 - COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 100% DO PROCTOR NORMAL		M³	2,69	0,160000	0,4304		
5502827 - ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA NA		M³	8,33	0,160000	1,3328		
(E) TOTAL						167,8984	
Transporte (F)						Custo	
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Unitário
(F) TOTAL							
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)						167,8984	
Bonificação: 0,00 %						0,0000	
Preço Unitário Total:						167,8984	
Brasília 2017							

Fonte – Elaborada pelo autor

Tabela 5 – Composição Substituição Total Do Solo Mole

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS							
David Johnson Ribeiro Ferreira						UNICEUB	
						OUT / 2017	
Código:		Serviço: ESCAVAÇÃO, TRANSPORTE E COMPACTAÇÃO DO ATERRO				Unidade: M3	
Composição: C10003		Quantidade: 18.750,000					
Especificação:							
Equipamentos (A)		Utilização			Custo Operacional		Custo
Discriminação	Unid.	Qtde	Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário
(A) TOTAL						0,0000	
Mão de Obra (B)							Custo
Discriminação			Unidade	Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Horário
TOTAL						0,0000	
(C) Produção da Equipe 1,0000 M3 / H					Custo Horário Total (A + B)		0,0000
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =						0,0000	
Materiais (E)							Custo
Discriminação			Unidade		Custo	Consumo	Unitário
5502978 - COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 100% DO PROCTOR NORMAL			M³		2,69	1,000000	2,6900
5502827 - ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA NA			M³		8,33	1,000000	8,3300
5502997 - ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE SOLOS MOLES NA DISTÂNCIA DE			M³		15,76	0,800000	12,6080
(E) TOTAL						23,6280	
Transporte (F)							Custo
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Unitário
(F) TOTAL						0,0000	
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							23,6280
Bonificação: 0,00 %							0,0000
Preço Unitário Total:							23,6280
Brasília 2017							

Fonte – Elaborada pelo autor

Tabela 6 – Composição Berma de Equilíbrio

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS							
David Johnson Ribeiro Ferreira						UNICEUB	
						OUT / 2017	
Código:		Serviço: TRANSPORTE E COMPACTAÇÃO DO ATERRO COM BERMAS DE EQUILIBRIO				Unidade: M3	
Composição: C10004						Quantidade: 6.550,000	
						Especificação:	
Equipamentos (A)							
Discriminação	Unid.	Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo
			Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário
(A) TOTAL							0,0000
Mão de Obra (B)							
Discriminação			Unidade	Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Custo
							Horário
TOTAL							0,0000
(C) Produção da Equipe 1,0000 M3 / H					Custo Horário Total (A + B)		0,0000
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =							0,0000
Materiais (E)							
Discriminação				Unidade	Custo	Consumo	Custo
							Unitário
5502978 - COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 100% DO PROCTOR NORMAL				M³	2,69	1,000000	2,6900
5502827 - ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA NA				M³	8,33	1,000000	8,3300
(E) TOTAL							11,0200
Transporte (F)							
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo
							Unitário
(F) TOTAL							0,0000
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							11,0200
Bonificação: 0,00 %							0,0000
Preço Unitário Total:							11,0200
Brasília 2017							

Fonte – Elaborada pelo autor

Tabela 7 – Composição Aterro Por Etapas

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS							
David Johnson Ribeiro Ferreira						UNICEUB	
						OUT / 2017	
Código:		Serviço: TRANSPORTE E COMPACTAÇÃO DO ATERRO				Unidade: M3	
Composição: C10005 Quantidade: 3.750,000							
Especificação:							
Equipamentos (A)			Utilização		Custo Operacional		Custo
Discriminação	Unid.	Qtde	Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário
					(A) TOTAL		0,0000
Mão de Obra (B)			Unidade	Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Custo
Discriminação							Horário
					TOTAL		0,0000
(C) Produção da Equipe 1,0000 M3 / H					Custo Horário Total (A + B)		0,0000
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =					0,0000		
Materiais (E)			Unidade	Custo	Consumo	Custo	
Discriminação						Unitário	
5502978 - COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 100% DO PROCTOR NORMAL			M³	2,69	1,000000	2,6900	
5502827 - ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA NA			M³	8,33	1,000000	8,3300	
					(E) TOTAL		11,0200
Transporte (F)			DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Custo
Discriminação	Unidade					Consumo	Unitário
					(F) TOTAL		0,0000
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)					11,0200		
Bonificação: 0,00 %					0,0000		
Preço Unitário Total:					11,0200		
Brasília 2017							

Fonte – Elaborada pelo autor



Tabela 8 – Composição Aterro com Drenos Verticais

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS							
David Johnson Ribeiro Ferreira						UNICEUB	
						OUT / 2017	
Código:		Serviço: FORNECIMENTO, TRANSPORTE E COLOCAÇÃO DE ATERRO COM DRENOS VERTICAIS				Unidade: M3	
Composição: C10006						Quantidade: 3.750,000	
						Especificação:	
Equipamentos (A)							
Discriminação	Unid.	Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo
			Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário
(A) TOTAL							0,0000
Mão de Obra (B)							
Discriminação			Unidade	Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Custo
							Horário
TOTAL							0,0000
(C) Produção da Equipe 1,0000 M3 / H					Custo Horário Total (A + B)		0,0000
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =							0,0000
Materiais (E)							
Discriminação				Unidade	Custo	Consumo	Custo
							Unitário
2004508 - GEODRENO VERTICAL PARA TRATAMENTO DE SOLOS MOLES				M	11,49	1,760000	20,2224
2003844 - LASTRO DE AREIA COMERCIAL - ESPALHAMENTO MECÂNICO				M³	67,56	0,200000	13,5120
5502978 - COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 100% DO PROCTOR NORMAL				M³	2,69	1,000000	2,6900
5502827 - ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA NA				M³	8,33	1,000000	8,3300
(E) TOTAL							44,7544
Transporte (F)							
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo
							Unitário
(F) TOTAL							
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							44,7544
Bonificação: 0,00 %							0,0000
Preço Unitário Total:							44,7544
Brasília 2017							

Fonte – Elaborada pelo autor

Tabela 9 – Composição Aterro sobre Estacas com Reforço de Geogrelhas

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS							
David Johnson Ribeiro Ferreira						UNICEUB OUT / 2017	
Código:		Serviço: FORNECIMENTO, TRANSPORTE E COLOCAÇÃO DE ATERRO COM REFORÇO DE GEOGRELHAS				Unidade: M3	
Composição: C10007						Quantidade: 3.750,000	
						Especificação:	
Equipamentos (A)							
Discriminação	Unid.	Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo
			Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário
					(A) TOTAL		0,0000
Mão de Obra (B)							
Discriminação			Unidade	Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Custo
							Horário
					TOTAL		0,0000
(C) Produção da Equipe 1,0000 M3 / H					Custo Horário Total (A + B)		0,0000
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =							0,0000
Materiais (E)							
Discriminação				Unidade	Custo	Consumo	Custo
							Unitário
1516302 - GEOGRELHA UNIDIRECIONAL COM RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DE 400				M²	74,03	0,400000	29,6120
2003844 - LASTRO DE AREIA COMERCIAL - ESPALHAMENTO MECÂNICO				M³	67,56	0,200000	13,5120
2306116 - ESTACAS DUPLO TRILHO TR 45 - COM EMENDA - FORNECIMENTO E				M	299,88	2,288000	686,1254
5502978 - COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 100% DO PROCTOR NORMAL				M³	2,69	1,000000	2,6900
5502827 - ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA NA				M³	8,33	0,800000	6,6640
					(E) TOTAL		738,6034
Transporte (F)							
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo
							Unitário
					(F) TOTAL		
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							738,6034
Bonificação: 0,00 %							0,0000
Preço Unitário Total:							738,6034
Brasília 2017							

Fonte – Elaborada pelo autor

### 5.8.1 Quadro resumo com custos das soluções


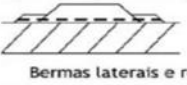




A Tabela 10 apresenta o comparativo entre as soluções propostas com preço unitário e preço total das soluções e a Tabela 11 Apresenta o tempo e o custo das soluções.

Tabela 10 – Custos Soluções

Comp	DESCRIÇÃO	Unidade	Quantidade	Pr. Unitario	Pr. Total
C10001	ATERRO COM EPS	M³	3750	R\$ 167,90	R\$ 629.625,00
C10003	SUBSTITUIÇÃO TOTAL SOLO MOLE	M³	18750	R\$ 23,63	R\$ 443.062,50
C10004	BERMA DE EQUILÍBRIO	M³	6550	R\$ 11,02	R\$ 72.181,00
C10005	ATERRO POR ETAPAS	M³	3750	R\$ 11,02	R\$ 41.325,00
C10006	DRENOS VERTICAIS - GEODRENOS	M³	3750	R\$ 44,75	R\$ 167.812,50
C10007	ATERRO SOBRE ESTACAS COM REFORÇOS DE GEOGRELHAS	M³	3750	R\$ 738,60	R\$ 2.769.750,00

Fonte – Elaborado pelo Autor.

Tabela 11 – Tempo e custos soluções

SOLUÇÕES		TEMPO (dias)	CUSTO
<b>Substituição total do solo mole</b>	 Substituição total	65,01	<b>R\$ 443.062,50</b>
<b>Bermas de equilíbrio</b>	 Bermas laterais e reforço	8,33	<b>R\$ 72.181,00</b>
<b>Aterro Por Etapas</b>	 Construção em etapas	540	<b>R\$ 41.325,00</b>
<b>Drenos Verticais (Geodrenos)</b>	 Drenos verticais de areia ou geodrenos	103,36	<b>R\$ 167.812,50</b>
<b>Aterro sobre estacas com reforços de geogrelhas</b>	 Aterro sobre estacas	55,24	<b>R\$ 2.769.750,00</b>
<b>Aterro com EPS</b>	 Aterros leves	22,07	<b>R\$ 629.625,00</b>

Fonte – Elaborado pelo Autor.

## 6 CONCLUSÕES

As diversas soluções adotadas no trabalho foram comparadas para o fim de um aterro padrão, como vários autores declaram em suas obras, existem diversas soluções de aterro sobre solos moles e depende do local e prazo para então decidir qual a melhor solução para o devido aterro.

O trabalho comparou 6 soluções de aterro sobre solo mole mais utilizadas no Brasil.

Os resultados quando comparados demonstram que cada solução tem sua peculiaridade e que se comparar somente o aspecto financeiro não estaria refletindo a realidade de muitas obras que ocorrem em nosso país. Os aterros sobre solo mole têm muitas características que devem ser levadas em consideração para a sua escolha, não é somente o aspecto financeiro que influencia na decisão de escolha do aterro, mas também existe outros aspectos externos, como o clima no período da obra e desapropriação de áreas próximas que vão influenciar diretamente na escolha da solução mais adequada para aquele caso.

Comparando somente os custos, a solução de aterro por etapas foi a que teve um custo menor, logo seria uma solução que poderia ser utilizada em todos os aterros sobre solo mole com características semelhantes à do aterro padrão, porém na realidade ela tem um tempo de execução muito extenso (18 meses), logo não seria muito viável em caso de extremas urgências.

A berma de equilíbrio foi a seguinte em termos de custo, mas também teria um problema grande, pois precisa desapropriar 20 metros para cada lado, ao lado do aterro, o que nem sempre é possível.

Os drenos verticais foram a terceira com menor orçamento e seria a mais economicamente viável na realidade brasileira, mesmo com a espera de 90 dias para que a primeira parte do aterro consiga drenar a água, a solução trona-se economicamente viável.

O aterro com substituição total do solo mole se levar em consideração uma profundidade até 3 metros, se torna viável também, como é encontrado em diversas bibliografias e especificações de serviço do DNIT.

O aterro com EPS e sobre Estacas devem ser utilizados somente quando não existe a possibilidade de utilizar as outras soluções, que pode ser devido à altura do aterro ou das características do solo, essas duas são consideradas as mais caras.

Como o objetivo desse trabalho era comparar custos das soluções não existindo nenhum empecilho de delimitação de local ou prazo para termino da obra, o aterro por etapas é considerado a solução mais econômica representando 1,00% do total da soma de todas as soluções, enquanto a berma de equilíbrio ficou bem próxima com 1,75%, os drenos verticais ficaram com 4,07%, a substituição total do solo mole representa 10,74%, o aterro com EPS ficou com 15,27% e o mais caro das soluções foi o aterro sobre estacas com reforço de geogrelhas com 67,17%.

Como pode ser percebido o Aterro sobre estacas houve uma discrepância muito alta dos outros valores, então essa solução somente deve ser utilizada em casos muito específicos aonde o aterro está em uma região onde o solo apresenta capacidade de suporte mais baixas e a altura do aterro vai influenciar muito na ruptura, logo essa solução é melhor em alguns casos específicos.

Foi possível concluir, que a solução mais econômica, o aterro por etapas não é a mais viável pelo longo prazo demandado e a segunda mais econômica a berma de equilíbrio possui uma vasta extensão nesse caso totalizando 40 metros além do aterro o que torna ela inviável, restando então a solução com drenos verticais como a mais viável sendo a terceira mais econômica, a substituição total do solo mole e o aterro com EPS sendo viáveis também e a estaca com reforço de geogrelha tendo um custo muito elevado em comparação com as outras soluções.

## 7. BIBLIOGRAFIA

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484, Solo – Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. 2001.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7250**. Identificação e Descrição de Amostras de Solo Obtidas em sondagem de simples reconhecimento dos solos Rio de Janeiro. 1982.

Almeida, M.S.S., Marques, M. E. S., Miranda, T. C., Nascimento, C. M. C. (2008) Lowland reclamation in urban áreas, Proc. do TC 41 Workshop Geotechnical Infrastructure for Mega Cities and New Capitals, ISSMGE, Buzios.

Almeida, Marcio. Aterros Sobre Solos Moles: Projeto e Desempenho. 2ª Ed. 2014. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

Coutinho, R. Q. Aterro experimental instrumentado levado à ruptura sobre solos orgânicos-argilas moles da barragem de Juturnaíba., COPPE/UFRJ, 1986.

Futai, M. M. Considerações sobre influência do adensamento secundário e do uso de reforços em aterros sobre solos Moles. São Paulo: Escola politécnica, Universidade de São Paulo, 2010

Jakobson, B. (1948) – “ The design of embankments on soft clays”, Geotechnique, Vol. 1, Nº 2, pp. 80-90

Jewell, R. A. the mechanics of reinforced embankments on soft soils. Geotextiles and Geomembranes, v.7, p.237-273, 1988

Marangon, M. Proposição de estruturas típicas de pavimentos para região de minas Gerais utilizando solos lateríticos locais a partir da pedologia, classificação MCT e resiliência. 2004. (Tese de Doutorado). Programa de Engenharia Civil. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro/RJ.

Massad, F. Baixada Santista: Aterro sobre solos Moles interpretados a luz dos novos conhecimentos sobre a gênese das argilas quaternárias. Rio de Janeiro: Características geotécnicas e experiências de obras, 1988

Massad, F. Obras de terra: curso básico de geotecnia, Oficina de Textos, São Paulo. 2003.

Nogami, J. S. et al. Peculiarities of geotechnical behavior of tropical lateritic and saprolitic soils. Progress Report. Committee on Tropical Soils of the ISSMFE. Theme 1, Topic 1.1. Preliminary Remarks. ABMS. 1985.

Nogami, J. S., VILLIBOR, D. F. Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos. São Paulo: Atlas, 1995.

Nogami, J. S.; VILLIBOR, D. F.; BELIGNI, M.; CINCERRE, J. R. Pavimentos com solos lateríticos e gestão de manutenção de vias urbanas. São Paulo: Atlas, 2000.

Norma DNIT 108/2009 – Aterros – Especificação de Serviço. Rio de Janeiro. 2009<sup>a</sup>

Norma rodoviária, DNER, procedimentos PRO 381/98. Projetos de aterro sobre solos moles para obras viárias, 1998.

Oliveira, H. M. Comportamento de aterros reforçados sobre solos moles levados à ruptura, tese de doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 2006.

Palmeira, E. M.; ORTIGÃO, A., Aterros Sobre Solos Moles, Manual Brasileiro de Geossintético, Vertimatti, J. C., Ed. Edgard Blucher. 2004.

Pinto, C. S. Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas. 3. ed. São Paulo: Oficinas de textos, 2006.

Pinto, Carlos de Sousa. Curso básico de mecânica dos solos (16 Aulas) 3<sup>a</sup> edição – São Paulo: Oficina de textos, 2006


Sandroni, S. S. Sobre a prática brasileira de projetos geotécnicos de aterros rodoviários em terrenos com solos muito moles. XIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Curitiba, 2006.

Terashi, M. (1997). *Theme Lecture: deep Mixing Method - Brief State of the Art.*

Vargas, M. Introdução à mecânica dos solos. Rio de Janeiro: McGRAW-HILL; 1978.


Veloso, D. de A. Obras de terra sobre solos compressíveis. São Paulo: Revista do clube de engenharia, 1957

## ANEXO I – COMPOSIÇÕES AUXILIARES


		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS					
		David Johnson Ribeiro Ferreira				UNICEUB OUT / 2017	
<b>Código:</b> 1516302 <b>Serviço:</b> GEOGRELHA UNIDIRECIONAL COM RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DE 400 KN/M - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO <b>Unidade:</b> M² <b>Composição:</b> C15032							
<b>Equipamentos (A)</b>		Utilização		Custo Operacional		Custo	
Discriminação	Qtde	Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	
(A) TOTAL							0,0000
<b>Mão de Obra (B)</b>		Leis Sociais		Quantidade	Salário Base	Custo	
Discriminação						Horário	
P9824 - SERVENTE		0,00	2,000000	14,27	28,5354		
TOTAL							28,5354
(C) Produção da Equipe 520,0000 M² / H				Custo Horário Total (A + B)		28,5354	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =							0,0549
<b>Materiais (E)</b>		Unidade	Custo	Consumo	Custo		
Discriminação					Unitário		
M1453 - GEOGRELHA UNIDIRECIONAL COM RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DE 400	M²	67,70	1,092270	73,9467			
(E) TOTAL							73,9467
<b>Transporte (F)</b>		Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Custo
Discriminação						Consumo	Unitário
M1453 5914655 - GEOGRELHA UNIDIRECIONAL COM RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DE 400	T	0,000000	0,000000	1,000000	19,68	0,001220	0,0240
(F) TOTAL							
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							
Bonificação: 0,00 %							
Preço Unitário Total:							
Brasília 2017							

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.




		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS					
		David Johnson Ribeiro Ferreira				UNICEUB OUT / 2017	
<b>Código:</b> 1516302 <b>Serviço:</b> GEOGRELHA UNIDIRECIONAL COM RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DE 400 KN/M - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO <b>Unidade:</b> M² <b>Composição:</b> C15032 (Continuação)							
<b>Equipamentos (A)</b>		Utilização		Custo Operacional		Custo	
Discriminação	Qtde	Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	
(A) TOTAL							0,0000
<b>Mão de Obra (B)</b>		Leis Sociais		Quantidade	Salário Base	Custo	
Discriminação						Horário	
TOTAL							28,5354
(C) Produção da Equipe 520,0000 M² / H					Custo Horário Total (A + B)		28,5354
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =							0,0549
<b>Materiais (E)</b>		Unidade		Custo	Consumo	Custo	
Discriminação						Unitário	
(E) TOTAL							73,9467
<b>Transporte (F)</b>		Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Custo
Discriminação							Unitário
M1453 5914479 - GEOGRELHA UNIDIRECIONAL COM RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DE 400	TKM	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	0,001220	0,0000
(F) TOTAL							0,0240
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							74,0256
Bonificação: 0,00 %							0,0000
Preço Unitário Total:							74,0300
Brasília 2017							


Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.

		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS				UNICEUB OUT / 2017	
<b>Código:</b> 2004508 <b>Serviço:</b> GEODRENO VERTICAL PARA TRATAMENTO DE SOLOS <b>Composição:</b> C20488		<b>Unidade:</b> M					
<b>Equipamentos (A)</b>							
Discriminação	Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo		
E9120 - EQUIPAMENTO DE CRAVAÇÃO SOBRE ESTEIRA PARA GEODRENO COM	1,000000	100,00 %	0,00 %	179,33	56,37	179,3281	
(A) TOTAL						179,3281	
<b>Mão de Obra (B)</b>							
Discriminação		Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Custo Horário		
P9824 - SERVENTE		0,00	4,000000	14,27	57,0708		
TOTAL						57,0708	
(C) Produção da Equipe 99,6000 M / H				Custo Horário Total (A + B)		236,3989	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =						2,3735	
<b>Materiais (E)</b>							
Discriminação		Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário		
M0109 - GEODRENO VERTICAL - L = 10 CM E E = 5 MM		M	9,11	1,000000	9,1100		
(E) TOTAL						9,1100	
<b>Transporte (F)</b>							
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário
M0109 5914655 - GEODRENO VERTICAL - L = 10 CM E E = 5 MM - CAMINHÃO	T	0,000000	0,000000	1,000000	19,68	0,000110	0,0022
(F) TOTAL							
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F) Bonificação: 0,00 % Preço Unitário Total:							
Brasília 2017							


Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.

		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS				UNICEUB OUT / 2017	
Código: 2004508		Serviço: GEODRENO VERTICAL PARA TRATAMENTO DE SOLOS MOLES				Unidade: M	
Composição: C20488							
(Continuação)							
<b>Equipamentos (A)</b>							
Discriminação	Qtde	Utilização Produtiva    Improdutiva		Custo Operacional Produtivo    Improdutivo		Custo Horário	
(A) TOTAL							179,3281
<b>Mão de Obra (B)</b>							
Discriminação		Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Custo Horário		
TOTAL							57,0708
(C) Produção da Equipe 99,6000 M / H				Custo Horário Total (A + B)		236,3989	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =				2,3735			
<b>Materiais (E)</b>							
Discriminação		Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário		
(E) TOTAL							9,1100
<b>Transporte (F)</b>							
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário
M0109 5914479 - GEODRENO VERTICAL - L = 10 CM E E = 5 MM - CAMINHÃO	TKM	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	0,000110	0,0000
(F) TOTAL							0,0022
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							11,4857
Bonificação: 0,00 %							0,0000
Preço Unitário Total:							11,4900
Brasília 2017							


Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.

		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS				UNICEUB OUT / 2017	
Código: 2003767      Serviço: LASTRO DE AREIA COMERCIAL - ESPALHAMENTO Composição: C20491      MANUAL		Unidade: M³					
<b>Equipamentos (A)</b>							
Discriminação	Qtde	Utilização Produtiva    Improdutiva		Custo Operacional Produtivo    Improdutivo		Custo Horário	
(A) TOTAL							0,0000
<b>Mão de Obra (B)</b>							
Discriminação		Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Custo Horário		
P9824 - SERVENTE		0,00	0,160000	14,27	2,2828		
TOTAL							2,2828
(C) Produção da Equipe 1,0000 M³ / H				Custo Horário Total (A + B)		2,2828	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =							2,2828
<b>Materiais (E)</b>							
Discriminação		Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário		
M0081 - AREIA GROSSA		M³	65,51	1,000000	65,5063		
- FIC		%	2,28	0,762000	0,0174		
(E) TOTAL							65,5237
<b>Transporte (F)</b>							
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário
M0081 5914647 - AREIA GROSSA - CAMINHÃO BASCULANTE 10 M³	T	0,000000	0,000000	1,000000	0,97	1,500000	1,4550
(F) TOTAL							
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							
Bonificação: 0,00 %							
Preço Unitário Total:							
Brasília 2017							

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.


		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS					
		David Johnson Ribeiro Ferreira				UNICEUB OUT / 2017	
<b>Código:</b> 2003767 <b>Serviço:</b> LASTRO DE AREIA COMERCIAL - ESPALHAMENTO <b>Composição:</b> C20491 (Continuação)		<b>Unidade:</b> M³					
<b>Equipamentos (A)</b>		Utilização		Custo Operacional		Custo	
Discriminação	Qtde	Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	
(A) TOTAL							0,0000
<b>Mão de Obra (B)</b>		Leis Sociais		Quantidade	Salário Base	Custo	
Discriminação						Horário	
TOTAL							2,2828
(C) Produção da Equipe 1,0000 M³ / H				Custo Horário Total (A + B)		2,2828	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =						2,2828	
<b>Materiais (E)</b>		Unidade		Custo	Consumo	Custo	
Discriminação						Unitário	
(E) TOTAL							65,5237
<b>Transporte (F)</b>		Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Custo
Discriminação							Unitário
M0081 5914389 - AREIA GROSSA - CAMINHÃO BASCULANTE 10 M³	TKM	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	1,500000	0,0000
(F) TOTAL							1,4550
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							69,2615
Bonificação: 0,00 %							0,0000
Preço Unitário Total:							69,2600
Brasília 2017							

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.

		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS				UNICEUB OUT / 2017	
Código: 2003844      Serviço: LASTRO DE AREIA COMERCIAL - ESPALHAMENTO MECÂNICO      Unidade: M³ Composição: C20492							
<b>Equipamentos (A)</b>							
Discriminação	Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo		
E9524 - MOTONIVELADORA - 93 KW	1,000000	100,00 %	0,00 %	167,53	75,14	167,5252	
(A) TOTAL						167,5252	
<b>Mão de Obra (B)</b>							
Discriminação	Leis Sociais		Quantidade	Salário Base	Custo Horário		
P9824 - SERVENTE	0,00		1,000000	14,27	14,2677		
TOTAL						14,2677	
(C) Produção da Equipe 305,0000 M³ / H				Custo Horário Total (A + B)		181,7929	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =						0,5960	
<b>Materiais (E)</b>							
Discriminação	Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário			
M0081 - AREIA GROSSA	M³	65,51	1,000000	65,5063			
- FIC	%	0,60	0,762000	0,0045			
(E) TOTAL						65,5108	
<b>Transporte (F)</b>							
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário
M0081 5914647 - AREIA GROSSA - CAMINHÃO BASCULANTE 10 M³	T	0,000000	0,000000	1,000000	0,97	1,500000	1,4550
(F) TOTAL							
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							
Bonificação: 0,00 %							
Preço Unitário Total:							
Brasília 2017							


Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.




		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS				UNICEUB OUT / 2017	
Código: 2306116      Serviço: ESTACAS DUPLO TRILHO TR 45 - COM EMENDA - Composição: C23224      FORNECIMENTO E CRAVAÇÃO      Unidade: M							
<b>Equipamentos (A)</b>							
Discriminação	Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo	
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	
E9502 - BATE-ESTACA DE GRAVIDADE PARA 3,5 A 4,0 T - 119 KW	1,000000	100,00 %	0,00 %	178,24	86,26	178,2382	
(A) TOTAL						178,2382	
<b>Mão de Obra (B)</b>							
Discriminação	Leis Sociais		Quantidade	Salário Base	Custo		
					Horário		
P9824 - SERVENTE	0,00		2,000000	14,27	28,5354		
TOTAL						28,5354	
(C) Produção da Equipe 21,3700 M / H				Custo Horário Total (A + B)		206,7736	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =						9,6759	
<b>Materiais (E)</b>							
Discriminação	Unidade	Custo	Consumo	Custo			
				Unitário			
2306017 - EMENDA DE ESTACAS POR SOLDAGEM	M	24,97	0,886300	22,1309			
M1603 - TRILHO TR 45 USADO	KG	3,00	89,200000	267,6000			
(E) TOTAL						289,7309	
<b>Transporte (F)</b>							
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo
							Unitário
M1603 5909116 - TRILHO TR 45 USADO -	T	0,000000	0,000000	1,000000	5,25	0,089200	0,4683
(F) TOTAL							
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							
Bonificação: 0,00 %							
Preço Unitário Total:							
Brasília 2017							

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.



		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS					
		David Johnson Ribeiro Ferreira				UNICEUB OUT / 2017	
<b>Código:</b> 2306116 <b>Serviço:</b> ESTACAS DUPLO TRILHO TR 45 - COM EMENDA - FORNECIMENTO E CRAVAÇÃO <b>Unidade:</b> M <b>Composição:</b> C23224 (Continuação)							
<b>Equipamentos (A)</b>		Utilização		Custo Operacional		Custo	
Discriminação	Qtd	Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	
(A) TOTAL							178,2382
<b>Mão de Obra (B)</b>		Leis Sociais		Quantidade	Salário Base	Custo	
Discriminação						Horário	
TOTAL							28,5354
(C) Produção da Equipe 21,3700 M / H				Custo Horário Total (A + B)		206,7736	
(D) Custo Unitário da Execução $[(A) + (B)] / (C) =$				9,6759			
<b>Materiais (E)</b>		Unidade		Custo	Consumo	Custo	
Discriminação						Unitário	
(E) TOTAL							289,7309
<b>Transporte (F)</b>		Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Custo
Discriminação							Unitário
M1603 5915014 - TRILHO TR 45 USADO -	TKM	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	0,089200	0,0000
(F) TOTAL							0,4683
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							299,8751
Bonificação: 0,00 %							0,0000
Preço Unitário Total:							299,8800
Brasília 2017							

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS**

David Johnson Ribeiro Ferreira

UNICEUB  
OUT / 2017

Código: 5502978

Serviço: COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 100% DO PROCTOR NORMAL

Unidade: M³

Composição: C55007

Equipamentos (A)

Discriminação	Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9518 - GRADE DE 24 DISCOS REBOCÁVEL DE 24"	1,000000	52,00 %	48,00 %	2,84	1,97	2,4209
E9524 - MOTONIVELADORA - 93 KW	1,000000	29,00 %	71,00 %	167,53	75,14	101,9321
E9571 - CAMINHÃO TANQUE COM CAPACIDADE DE 10.000 L - 188 KW	1,000000	99,00 %	1,00 %	151,98	42,00	150,8780
E9577 - TRATOR AGRÍCOLA - 77 KW	1,000000	52,00 %	48,00 %	76,44	32,22	55,2165
E9685 - ROLO COMPACTADOR PÉ DE CARNEIRO VIBRATÓRIO	1,000000	100,00 %	0,00 %	117,22	54,63	117,2166
(A) TOTAL						427,6641

Mão de Obra (B)

Discriminação	Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Custo Horário
P9824 - SERVENTE	0,00	1,000000	14,27	14,2677
TOTAL				14,2677

(C) Produção da Equipe 168,2000 M³ / H

Custo Horário Total (A + B)

441,9318

(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =

2,6274

Materiais (E)

Discriminação	Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário
- FIC	%	2,63	2,287000	0,0601
(E) TOTAL				0,0601

Transporte (F)

Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário
(F) TOTAL							0,0000

Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)

Bonificação: 0,00 %

Preço Unitário Total:

2,6875


0,0000

2,6900

Brasília

2017

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS**

David Johnson Ribeiro Ferreira

UNICEUB  
OUT / 2017

Código: 5502827

Serviço: ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA NA DISTÂNCIA DE 3.000 M - CAMINHO DE SERVIÇO PAVIMENTADO - COM CARREGADEIRA E CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M³

Unidade: M³

Composição: C55104

Equipamentos (A)

Discriminação	Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9511 - CARREGADEIRA DE PNEUS COM CAPACIDADE DE 3,3 M³ - 213 KW	1,000000	100,00 %	0,00 %	286,49	114,21	286,4903
E9541 - TRATOR DE ESTEIRAS COM LÂMINA - 259 KW	1,000000	97,00 %	3,00 %	403,14	152,47	395,6209
E9667 - CAMINHÃO BASCULANTE COM CAPACIDADE DE 14 M³ - 295 KW	6,000000	86,00 %	14,00 %	229,40	54,80	1.229,7234
(A) TOTAL						1.911,8346

Mão de Obra (B)

Discriminação	Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Custo Horário
P9824 - SERVENTE	0,00	1,000000	14,27	14,2677
TOTAL				14,2677

(C) Produção da Equipe 236,6500 M³ / H

Custo Horário Total (A + B)

1.926,1023

(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =

8,1390

Materiais (E)

Discriminação	Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário
- FIC	%	8,14	2,287000	0,1861
(E) TOTAL				0,1861

Transporte (F)

Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário
(F) TOTAL							0,0000

Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)

Bonificação: 0,00 %

Preço Unitário Total:


8,3251

0,0000


8,3300

Brasília  
2017


Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.

		<b>TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS</b>				UNICEUB OUT / 2017	
Código: 5502997      Serviço: ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE SOLOS MOLES NA DISTÂNCIA DE 3.000 M - CAMINHO DE SERVIÇO Composição: C55263      PAVIMENTADO - COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M³		Unidade: M³					
<b>Equipamentos (A)</b>							
Discriminação	Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo		
E9575 - CAMINHÃO BASCULANTE COM CAÇAMBA ESTANQUE E CAPACIDADE	3,000000	67,00 %	33,00 %	206,76	50,61	465,7038	
E9576 - ESCAVADEIRA HIDRÁULICA DE LONGO ALCANCE SOBRE ESTEIRAS -	1,000000	100,00 %	0,00 %	221,71	107,22	221,7148	
(A) TOTAL						687,4186	
<b>Mão de Obra (B)</b>							
Discriminação		Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Custo Horário		
P9824 - SERVENTE		0,00	1,000000	14,27	14,2677		
TOTAL						14,2677	
(C) Produção da Equipe 45,5300 M³ / H				Custo Horário Total (A + B)		701,6863	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =						15,4115	
<b>Materiais (E)</b>							
Discriminação		Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário		
- FIC		%	15,41	2,287000	0,3525		
(E) TOTAL						0,3525	
<b>Transporte (F)</b>							
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário
(F) TOTAL						0,0000	
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)						15,7640	
Bonificação: 0,00 %						0,0000	
Preço Unitário Total:						15,7600	
Brasília 2017							


Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.

		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS				UNICEUB OUT / 2017	
Código: 2306017      Serviço: EMENDA DE ESTACAS POR SOLDAGEM      Unidade: M Composição: C23122							
<b>Equipamentos (A)</b>							
Discriminação	Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo	
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	
E9066 - GRUPO GERADOR - 13 / 14 KVA	1,000000	100,00 %	0,00 %	9,47	2,77	9,4737	
E9547 - MÁQUINA PARA SOLDA ELÉTRICA - 9,2 KW	1,000000	100,00 %	0,00 %	0,06	0,03	0,0627	
(A) TOTAL						9,5364	
<b>Mão de Obra (B)</b>							
Discriminação		Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Custo		
					Horário		
P9824 - SERVENTE		0,00	1,000000	14,27	14,2677		
P9825 - SOLDADOR		0,00	1,000000	23,63	23,6288		
TOTAL						37,8965	
(C) Produção da Equipe 2,5200 M / H				Custo Horário Total (A + B)		47,4329	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =						18,8226	
<b>Materiais (E)</b>							
Discriminação		Unidade	Custo	Consumo	Custo		
					Unitário		
M2130 - ELETRODO E70 XX		KG	19,93	0,308270	6,1444		
(E) TOTAL						6,1444	
<b>Transporte (F)</b>							
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo
							Unitário
M2130 5914655 - ELETRODO E70 XX - CAMINHÃO CARROCERIA 15 T	T	0,000000	0,000000	1,000000	19,68	0,000310	0,0061
(F) TOTAL							
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							
Bonificação: 0,00 %							
Preço Unitário Total:							
Brasília 2017							

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.

		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS				UNICEUB OUT / 2017	
Código: 2306017		Serviço: EMENDA DE ESTACAS POR SOLDAGEM				Unidade: M	
Composição: C23122							
(Continuação)							
<b>Equipamentos (A)</b>							
Discriminação	Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo	
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	
(A) TOTAL							9,5364
<b>Mão de Obra (B)</b>							
Discriminação		Leis Sociais	Quantidade	Salário Base	Custo		
					Horário		
TOTAL							37,8965
(C) Produção da Equipe 2,5200 M / H				Custo Horário Total (A + B)		47,4329	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =				18,8226			
<b>Materiais (E)</b>							
Discriminação		Unidade	Custo	Consumo	Custo		
					Unitário		
(E) TOTAL							6,1444
<b>Transporte (F)</b>							
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo
							Unitário
M2130 5914479 - ELETRODO E70 XX - CAMINHÃO CARROCERIA 15 T	TKM	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	0,000310	0,0000
(F) TOTAL							0,0061
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)							24,9731
Bonificação: 0,00 %							0,0000
Preço Unitário Total:							24,9700
Brasília 2017							

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.

		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - FATECS					
		David Johnson Ribeiro Ferreira				UNICEUB OUT / 2017	
<b>Código:</b> 5915324 <b>Serviço:</b> TRANSPORTE COM CAMINHÃO CARROCERIA DE 4 T - RODOVIA PAVIMENTADA <b>Unidade:</b> TKM <b>Composição:</b> C59078							
<b>Equipamentos (A)</b>							
Discriminação	Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo	
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	
E9687 - CAMINHÃO CARROCERIA COM CAPACIDADE DE 4 T - 115 KW	1,000000	100,00 %	0,00 %	96,68	31,46	96,6793	
(A) TOTAL						96,6793	
<b>Mão de Obra (B)</b>							
Discriminação	Leis Sociais		Quantidade	Salário Base	Custo		
					Horário		
TOTAL						0,0000	
(C) Produção da Equipe 99,6000 TKM / H				Custo Horário Total (A + B)		96,6793	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =						0,9707	
<b>Materiais (E)</b>							
Discriminação	Unidade	Custo	Consumo	Custo			
				Unitário			
(E) TOTAL						0,0000	
<b>Transporte (F)</b>							
Discriminação	Unidade	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo
							Unitário
(F) TOTAL						0,0000	
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)						0,9707	
Bonificação: 0,00 %						0,0000	
Preço Unitário Total:						0,9700	
Brasília 2017							

Fonte – Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes Volume 11 - Composições de Custos, 2017, DNIT.